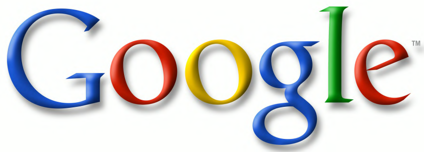
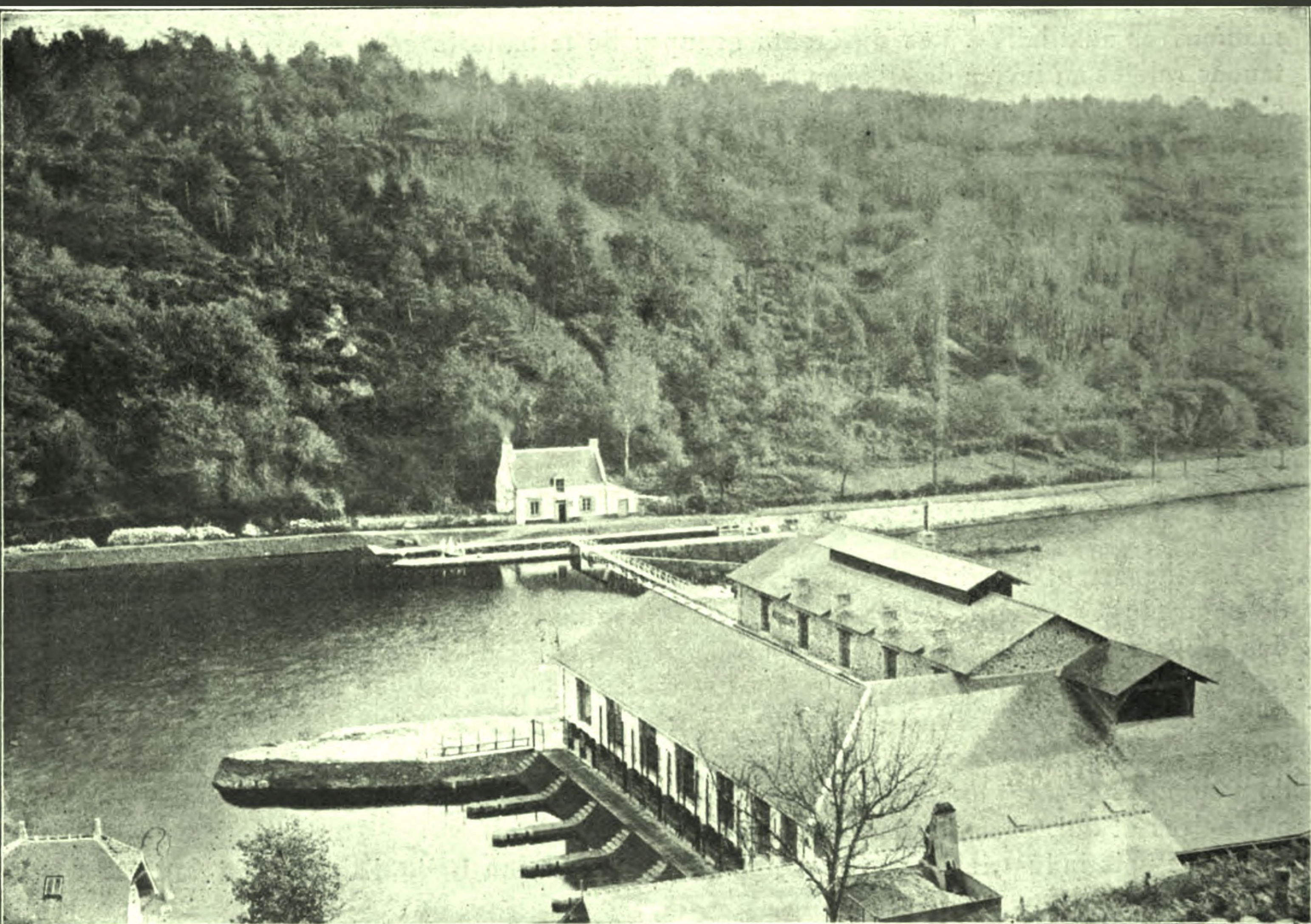
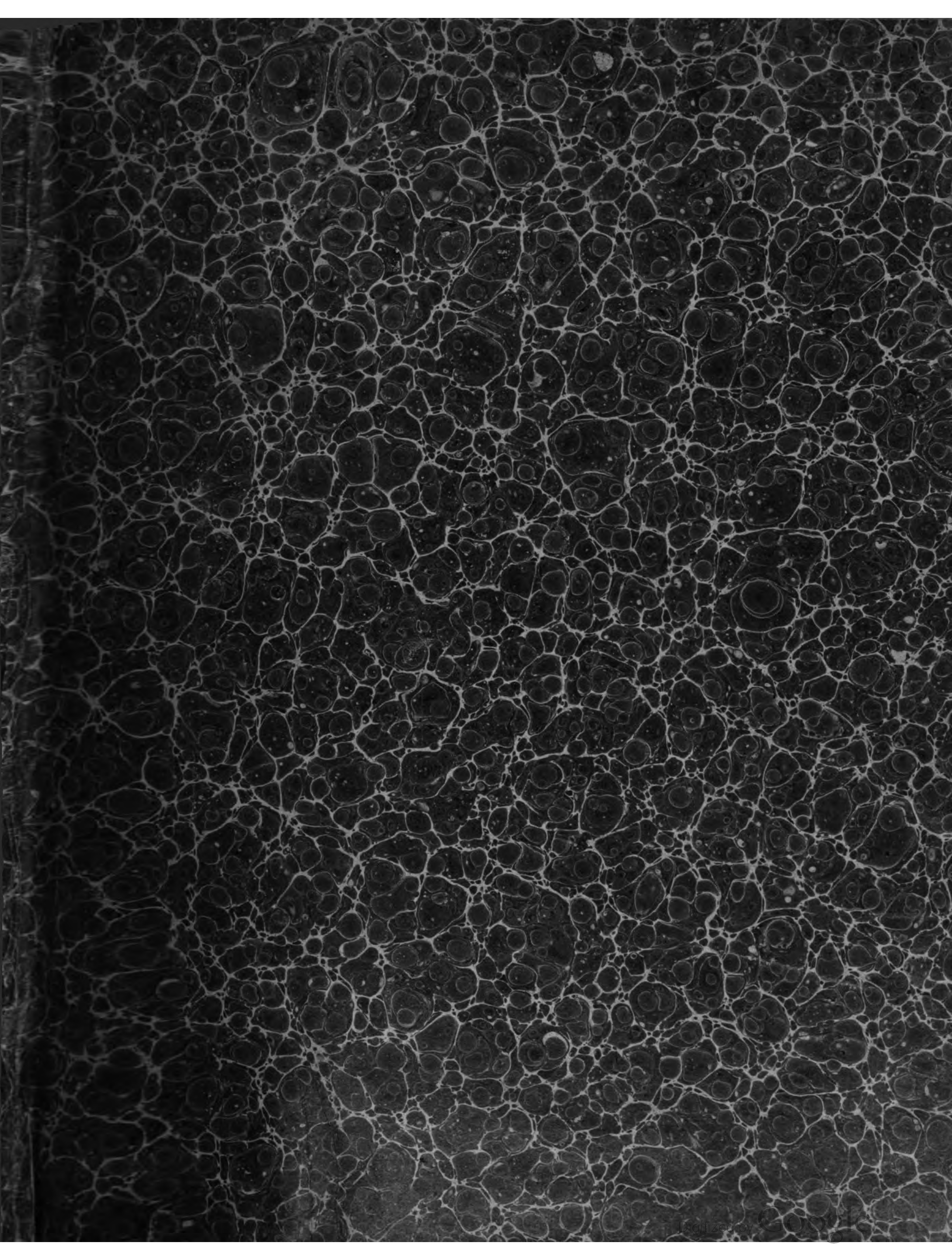




La Lumière électrique



L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

TOME XXXIII

4e TRIMESTRE 1902

PARIS

C. NAUD, ÉDITEUR

3, RUE RACINE, 3

Tome XXXIII. Samedi 4 octobre 1902. 9e Année — N° 40

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

APPLICATIONS MÉCANIQUES DE L'ÉLECTRICITÉ (1)

Nous avons décrit, dans notre numéro du 19 août 1899, les ascenseurs du type *Sprague*, avec vis à billes, installés dans le Park Row Building, et qui comptent parmi les plus remarquables de ce genre aux Etats-Unis. Cette grande installation a fonctionné sans aucun accroc depuis le mois de mars 1899, sous la surveillance de deux mécaniciens. Des essais exécutés, il y a un an, ont donné les résultats suivants, des plus intéressants (2).

Le courant est fourni par des dynamos continues Westinghouse à 120 volts. Un essai de 60 heures a donné, comme nombre de voyageurs 48 860, ou 814 par heure, avec un parcours total de 1 543 cabines-kilomètre, au taux de 1,8 voyageur par cabine-kilomètre, et de 257 cabines-kilomètre par heure; vitesse moyenne 2,30 m par seconde; kilowatts-heure par cabine-kilomètre d'une charge totale de 700 km sur les câbles, 2,50. La puissance moyenne absorbée a été de 28,4 chevaux aux dynamos, avec un rendement total de 75,5 p. 100 en pleine charge, 61,2 p. 100 en marche à vide et 67,75 p. 100 en moyenne; ce rendement est le rapport entre le travail en charge montée, y compris le poids de la cabine et la puissance électrique fournie aux bornes de la dynamo, et on peut le considérer comme des plus satisfaisants.

Les ascenseurs électriques sont beaucoup plus fréquemment employés aux Etats-Unis que chez nous, principalement dans les grandes constructions, où il est nécessaire de marcher à des vitesses qui nous paraîtraient effrayantes, et qui, en réalité, ne présentent

(1) *L'Éclairage Électrique*, 21 juin 1902.

(2) *Engineering Record*, 6 juillet 1901, p. 9.

aucun danger; nous avons donné, dans nos précédents articles, de nombreux exemples des dispositions prises pour assurer la sécurité de marche de ces ascenseurs et la docilité de leur manœuvre; en voici, de nouveau, quelques types récents.

Le premier de ces exemples est emprunté à la pratique de la Compagnie Otis, l'une des plus puissantes aux Etats-Unis, et a pour objet la manœuvre des ascenseurs à courants alternatifs au moyen de dispositifs actionnés par des courants rectifiés, évitant ainsi la difficulté de construction de gros électro-aimants à courants alternatifs.

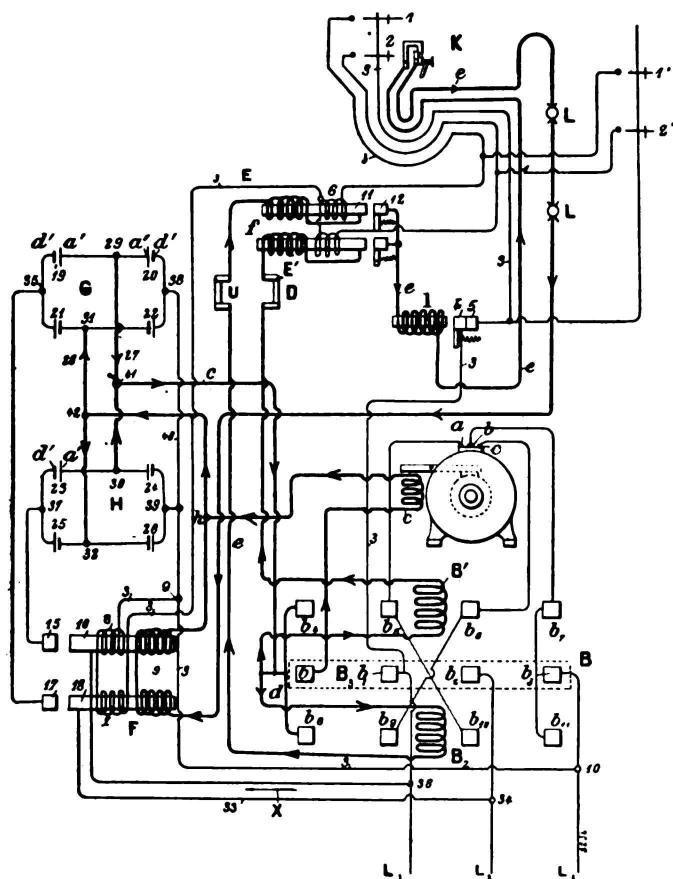


Fig. 1. — Ascenseur Otis.

La dynamo A (fig. 1) supposée asynchrone biphasée sur circuit à 3 fils, est contrôlée par deux électros B' et B_2, avec, entre eux, une armature B_3, à contacts bb_1 b_2 b_3, fonctionnant entre les touches correspondantes b_4 b_8.., dont les liaisons sont bien indiquées sur le schéma.

Quand on ferme le circuit de l'un des électros B' ou B_2, B_3 ferme ses connexions de manière à faire tourner la dynamo à droite ou à gauche, lever ou descendre la cabine, le fil L_2 agissant toujours comme fil de retour entre les conducteurs L_1 et L_2. Les contacts bb_4 b_8 sont reliés à un frein électro magnétique C, qui se serre quand la dynamo s'arrête, et se desserre quand elle part; les circuits du solénoïde C sont, comme tous ceux indiqués en traits pleins, parcourus par des courants continus ; les traits fins indiquant des courants alternatifs.

La cabine porte des boutons 1 2..., correspondant à ceux 1' 2'... des stations, reliés en dérivation de manière que, lorsqu'on pousse 1, par exemple, la cabine part et s'arrête automatiquement en 2'. Lorsqu'on pousse 1 ou 1', le courant passe par b_1B34516E78F9 10L_3, de sorte que les électros E et F, ainsi excités par des courants alternatifs, ferment les contacts ordinairement ouverts 12 15 16 17 18. La fermeture des contacts 11 et 12 ferme les circuits à courants directs; les contacts 12 15 16 17 et 18 ferment des circuits alternatifs sur les redresseurs électrolytiques 19 20 21 22 23 24 25 26, avec électrodes en plomb d' et en aluminium a', dans une solution de carbonate d'ammoniaque, qui fonctionnent très bien sous un potentiel de 60 volts.

Ces batteries sont disposées en deux groupes de 4 en parallèle G et H ; pour en obtenir un courant rectifié, il faut en relier les connexions 27 et 28, par 41 et 42, par exemple de la manière suivante. Supposons qu'un courant parte du point 38, sur L_1, dans le sens de la flèche X, il ira, si 15 et 16 sont fermés, par 37 H 23 30 41 27, aux circuits contrôleurs marqués en gros traits, et de là, par 42 28 32 26 39 3 10, au fil L_3; un courant négatif parcour-

rait le même circuit en sens contraire, suivant 39 H 30 41 27 42 28 32 25 37. L'autre phase de ce courant serait de même rectifiée par G, toutes les impulsions des deux phases étant ainsi redressées et passant dans le même sens de 41, sur 27, à 42 par les circuits de contrôle.

Si l'on pousse le bouton 1 de la cabine, ce qui ferme le circuit 3 et excite E et F de manière à fermer 11 et 12, 15 et 16, 17 et 18, on fermera les circuits des redresseurs G et H. Il passera alors un courant redressé de 41 en $c\,d\,B_2 e$, au commutateur U, qui limite la course de la cabine, puis par l'enroulement à courant continu f de E, 11 12, l'électro I, 4 5, le commutateur de sûreté K sur la cabine, e, les contacts de porte L, g F 42 et 28. De d, le courant se bifurque sur les contacts b_4 b_8; B_2 attire B_3, et ferme B de manière à mettre le moteur en train dans la direction voulue, et cette fermeture de B active en même temps C, de manière à desserrer le frein; la cabine marche jusqu'à ce qu'elle rompe le circuit de contrôle, ce qui arrête le moteur.

Les contacts 4 et 5 de 3 sont séparés quand l'électro I du circuit de contrôle est excité, de manière que cette rupture du circuit 3 empêche toute perte et toute interférence des différents boutons de la cabine et des étages. Les contacts 15 16 17 et 18, ordinairement ouverts, sont d'abord fermés par les circuits alternatifs 7 et 8 des électros F, puis, après la rupture de ces circuits, l'enroulement à courant continu g de F maintient ces contacts fermés ; on voit que ces contacts 15 et 16 17 et 18 sont contrôlés simultanément par les courants alternatifs et les courants continus ou rectifiés des circuits de contrôle. L'électrode E est aussi disposée de manière à maintenir les contacts 11 et 12 fermés par son circuit continu f, après la rupture du circuit alternatif 6, et E' se comporte comme E, sous l'action des boutons 2 ou 2'.

L'ascenseur électrique de M. Pifre comporte (fig. 2) un contrepoids a, suspendu à un câble s'enroulant sur un tambour b, claveté sur l'arbre c; cet arbre c porte un tambour d, sur lequel vient s'enrouler un ou plusieurs câbles e reliés à la cabine.

Le contrepoids a porte deux frotteurs f et f_1 mis en court-circuit, et glissant respectivement sur deux règles de guidage verticales g et g_1.

La règle g porte à la hauteur correspondant à chaque étage intermédiaire, trois touches isolées et deux touches seulement pour les étages extrêmes : le rez-de-chaussée et le dernier étage.

Les deux touches extrêmes h de chaque groupe de trois touches, la touche supérieure h du rez-de-chaussée et la touche inférieure du dernier étage sont mises en court-circuit et reliées à la borne d'arrêt i_1 de l'appareil de manœuvre i.

La touche centrale h_1 de chaque groupe de trois, la touche inférieure h_1 du rez-de-chaussée et la touche supérieure du dernier étage sont mises en court-circuit et reliées à la borne de freinage i_2 de l'appareil de manœuvre i.

La règle g_1 porte, vis-à-vis des touches de la règle g, des touches j, ayant la hauteur totale de ces dernières; ces touches j sont également isolées et reliées respectivement à des taquets $k\,k_1\,k_2$... placés à l'intérieur de la cabine, par l'intermédiaire de conducteurs formant le câble e, qui s'enroule sur le tambour d. Chacun de ces fils est relié à une bague conductrice $l\,l_1\,l_2$ tournant avec le tambour d; sur chaque bague s'applique un balai relié à la touche correspondante de la règle g_1.

La boîte à taquets placée dans la cabine comporte, en outre des taquets $k\,k_1\,k_2$, qui correspondent à chacun des étages auxquels l'ascenseur doit s'arrêter, un taquet d'arrêt k_3, permettant d'arrêter la cabine en un point quelconque de sa course. Ce taquet d'arrêt est

***

relié par un conducteur à une bague l_3, sur laquelle frotte un balai relié lui-même à la borne d'arrêt i_1 de l'appareil de manœuvre *i*. Chaque taquet porte deux ressauts et traverse

Fig. 2. — Ascenseur Piffre.

une plaque isolante *m* portant à l'une de ses extrémités un contact m_1 constamment appliqué sous l'action d'un ressort $m_2 m_3$, contre un contact n_1 auquel aboutit le fil de ligne *n*. Ce fil *n* est relié par la bague conductrice l_4, sur laquelle frotte un balai de contact, à la borne de ligne i_3 de l'appareil de manœuvre *i*.

La plaque m se termine par l'armature m_4 d'un électro-aimant m_5, sur lequel s'enroule le fil o, relié par la bague l_3, sur laquelle frotte un balai, à la borne du déclenchement i_3 de l'appareil de manœuvre i. En dessous des taquets se trouve une plaque métallique p qui met en court-circuit la ligne et l'électro-aimant m_5 si le contact est fait en m_1 n_1.

A chacun des étages intermédiaires, se trouve un appareil basculeur inverseur comportant 4 godets à mercure $q\,q_1\,q_2\,q_3$ et 2 bras rs inclinés l'un sur l'autre, portant chacun 2 plongeurs r_1 s_1, qui ont pour but de mettre alternativement en court-circuit les deux godets situés du même côté de l'axe de rotation t de l'inverseur.

L'axe t de chaque appareil porte deux palettes t_1 t_2, correspondant respectivement à la montée et à la descente, et sur lesquels viennent agir deux taquets a_1 a_2 que porte le contrepoids a.

Lorsque la cabine monte, le taquet a_1 rencontre, à chaque étage, la palette t_1, la soulève, et fait passer le basculeur correspondant à la position de descente: quand, au contraire, la cabine descend, la palette t_2 est abaissée par le taquet a_1, et le basculeur passe à la position de montée.

Le taquet a_1 agit seul à la montée et le taquet a_2 seul à la descente; l'écart vertical des deux taquets est réglé suivant l'écart angulaire des palettes t_1 et t_2. de façon que l'on puisse mettre l'ascenseur à la montée ou à la descente si la distance qui le sépare d'un étage est inférieure à une valeur déterminée.

Les deux bras rs sont montés sur un tube u, tournant librement sur cet axe t, et portant à l'une de ses extrémités un levier coudé u_1; l'axe t porte lui-même un levier t_3, et les extrémités libres de ces deux leviers sont reliées par un ressort v.

Les basculeurs correspondant au rez-de-chaussée et au dernier étage n'ont que deux godets et un seul bras portant un plongeur qui peut mettre en court-circuit ces deux godets placés du même côté de l'axe.

L'appareil du rez-de-chaussée n'a que les godets correspondant au mouvement de montée; au contraire, l'appareil du dernier étage n'a que les godets correspondant au mouvement de descente.

Les godets q de tous les basculeurs sont reliés à la borne montée i_5 de l'appareil de manœuvre i, et les godets q_1 à la borne descente i_6. Les deux autres godets q_2 q_3 de chaque appareil sont reliés à la touche correspondante j de la règle g_1.

Il résulte de cette disposition, qu'à un instant quelconque, tous les plongeurs des basculeurs des étages placés au-dessus de la cabine mettent en court-circuit les godets q et par suite la borne montée i_5 de l'appareil de manœuvre i avec les touches correspondantes j de la règle g_1 (position de montée); au contraire, tous les basculeurs des étages situés au-dessus de la cabine mettent en court-circuit la borne descente i_6 de l'appareil de manœuvre avec les touches correspondantes j de la règle g_1 (position de descente).

L'appareil de manœuvre i comprend un système de relais tel que le moteur qui actionne la cabine soit mis à la montée, à l'arrêt, à la descente, ou freiné suivant que les bornes de montée i_5 d'arrêt i_1, de descente i_6 ou de freinage i_2 sont mises en communication avec le fil de ligne n.

A la position de repos, tous les taquets $k\,k_1\,k_2\,k_3$ sont soulevés; dans le cas du dessin, on a supposé que la personne placée dans la cabine voulait monter du rez-de-chaussée au deuxième étage et qu'elle avait appuyé sur le taquet k_2. Ce taquet, en s'enfonçant, chasse la plaque m du côté de l'électro-aimant m_5, en rompant le contact en $m_1\,n_1$; aussitôt que le ressaut supérieur du taquet a traversé la plaque m, celle-ci est chassée par le ressort m_2, et le contact est rétabli en $m_1\,n_1$; le taquet k_2 établit alors la communication entre la ligne n

et la touche j de la règle g_1 du deuxième étage, le courant traverse alors l'appareil de relais de l'appareil de manœuvre i et le moteur tourne de façon à provoquer la montée de l'ascenseur. Au moment où la cabine arrive au deuxième étage, le contrepoids a atteint les touches des règles g et g_1 de cet étage et les contacts f et f_1 mettent d'abord en court-circuit la touche j de la règle g_1 avec la touche inférieure h de la règle g; le courant de la ligne arrive donc à la borne arrêt i_1 de l'appareil de manœuvre, ce qui produit l'arrêt du moteur. Celui-ci tourne encore un certain temps par la vitesse acquise, la cabine continue à monter et la touche centrale h_1 de la règle g étant alors mise en court-circuit avec la touche j de la règle g_1, envoie le courant de la ligne à la borne freinage i_2 de l'appareil de manœuvre; le moteur est alors freiné et la cabine s'arrête immédiatement. Au moment où le moteur s'arrête, un interrupteur placé dans l'appareil de manœuvre ferme le circuit o qui était resté ouvert pendant toute la durée de la marche du moteur; l'électro-aimant m_5 attire son armature et par suite la plaque m, le taquet k_2 sous l'action de son ressort franchit alors la distance dont il avait été enfoncé et revient à la position de repos.

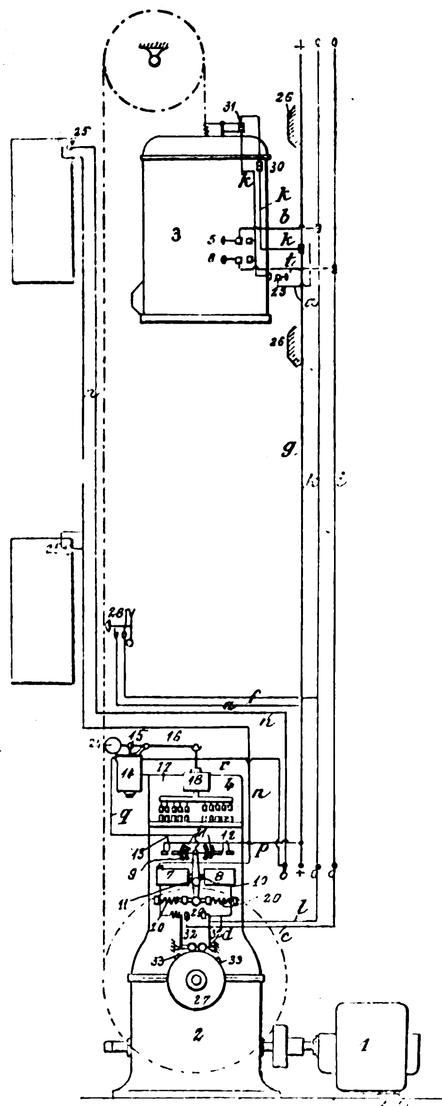


Fig. 3. — Ascenseur Stiegler.

L'appareil est alors prêt pour une nouvelle manœuvre.

Cette disposition de boîte à taquets empêche que l'on ne produise une manœuvre de l'ascenseur pendant qu'il est en marche, sans passer par l'arrêt. Si, en effet, pendant que le taquet k_2 est enfoncé, on appuyait sur le taquet k qui correspond au rez-de-chaussée, la place m se déplacerait du côté de l'électro-aimant, le contact en m_1 n_1 serait rompu, le taquet k_2 reviendrait à la position de repos, la cabine continuerait à monter jusqu'à ce que le passager appuie sur le taquet d'arrêt k_6. S'il ne le faisait pas, la cabine monterait jusqu'au haut de sa course et ne redescendrait au rez-de-chaussée que s'il poussait le taquet k (rez-de-chaussée).

Le long de la cage de l'ascenseur de M. Stiegler sont disposés (fig. 3 à 5) 3 conducteurs g, h, i, parmi lesquels g est positif, h sert de conducteur de retour pour la descente et i de conducteur de retour pour la montée. Des trois conducteurs partent des dérivations s'étendant à l'intérieur de la cabine dans laquelle sont disposés des contacts 6 pour la montée et 5 pour la descente.

Le contact 6 placé dans la cabine correspond aux boutons I et II de la figure 4, et 5 aux boutons P, I et II.

Lorsqu'on ferme un des contacts 6 destinés à la montée, le courant peut passer de g, par k et t, dans i.

De là il se rend par c dans le solénoïde 7 et suit son parcours par le conducteur n qui est relié à toutes les portes de la cage par des dispositifs de contact 25, 25 de façon

que, lorsque les portes sont ouvertes, le circuit se trouve interrompu et que le courant est déchargé par le conducteur négatif *o*.

Le courant du solénoïde produit un mouvement en avant du noyau 11 qui donne au levier double 9, relié au commutateur normal 21, un écart tel que le contact 12 se trouve fermé.

Par conséquent le courant peut passer, par le conducteur *p*, relié à *g*, et par *q*, dans le solénoïde 14 et de là, par *r*, au conducteur négatif.

Le solénoïde dans lequel passe le courant attire son noyau 15, lequel, à son tour, fait monter le levier horizontal 16, qui dégage le dispositif de contact principal 17 de la résistance de mise en marche 4.

18 indique un rhéostat pour modérer la vitesse de la distance de 17.

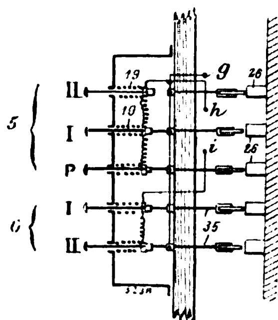


Fig. 4.

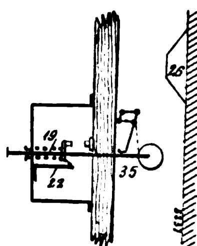


Fig. 5.

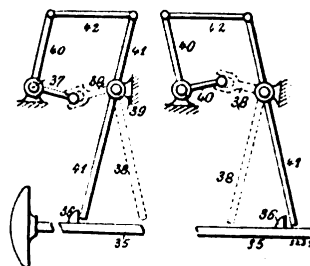


Fig. 6 et 7.

Pour arrêter la montée au point voulu, on produit le débrayage automatique du contact correspondant 6 par ce fait que le galet, disposé à l'extrémité inférieure des tiges 35 des boutons à ressort (fig. 4 et 5), est repoussé par des plans inclinés 26 disposés sur son parcours.

Par suite de l'interruption de courant ainsi obtenue, le solénoïde 7 perd sa force et, sous l'influence des ressorts 20, qui tendent toujours à ramener à sa position centrale le levier de commande 9, le contact 12 de ce solénoïde est rompu, le noyau 15 descend et le contact 17, sollicité par le contrepoids 24, monte rapidement, de sorte que le courant au moteur se trouve rompu.

En fermant un des contacts de la cabine marqués 5, on produit la descente parce que le courant passe de *g*, par *k* et *b* à *h* et de là, par *l* et *d*, au solénoïde 8.

Le levier 9, et avec lui le commutateur 21, sont déplacés dans la direction opposée, le contact 13 est fermé, et le solénoïde 14 reçoit son courant par *p* et *q*.

Toutes les autres phases sont les mêmes que pour la montée.

Afin d'éviter que les contacts 6 et 5, destinés les uns à la montée et les autres à la descente, ne soient actionnés simultanément, ils sont accouplés (fig. 6 et 7) par un système de tiges à deux axes communs 39 et 37.

Sur le premier sont disposés, de façon à pouvoir osciller librement, les leviers doubles 41 et 38, celui-ci dessiné en traits pointillés, tandis que sur l'axe 37 sont montés d'une manière rigide les leviers coudés 40.

Les leviers 40 et 41 sont reliés par la bielle 42; les leviers 38 et 40 par une fourche articulée.

Ce système de tiges fonctionne de façon que les leviers 41, reliés aux contact de montée et aux tiges de contact respectives 35 par les cames 36, amènent, lors de la compression en

dedans, les tiges dans la position indiquée à la figure 7 où les leviers 38 viennent d'effectuer un déplacement en sens inverse de façon à repousser en dehors les tiges des contacts de descente 5.

Si donc, lorsqu'on actionne un des contacts 6, un contact du groupe 5 se trouve à l'état de compression, celui-ci est ramené automatiquement dans la position de repos.

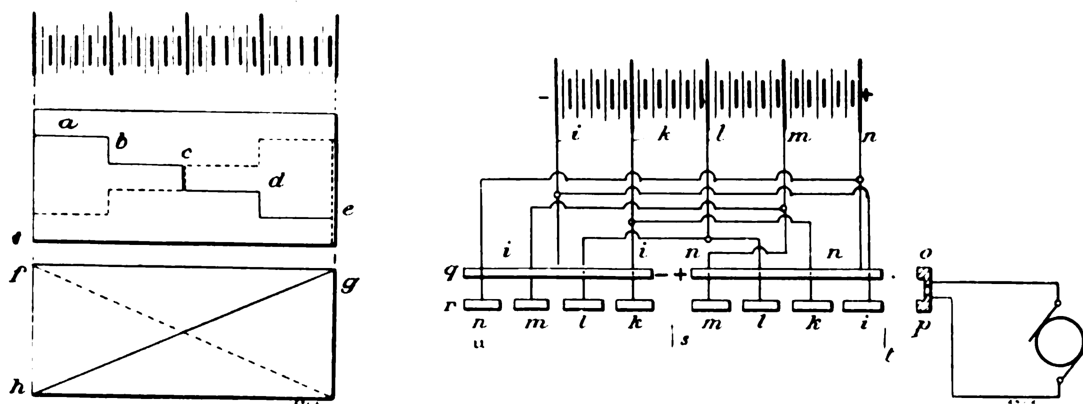


Fig. 8 et 9. — Démarrage Siemens et Halske.

En outre, les contacts 6 et 5 sont munis de deux ressorts 19 et 22 (fig. 4 et 5) dont le dernier maintient, comme ressort d'arrêt, la tige du bouton dans la position du repos tandis qu'après la compression de ce cliquet à ressort 22 par une pression exercée sur le bouton, le ressort à boudin 19 entre en fonction et ramène sûrement la tige à ressort dans la position extrême de travail.

Pour interrompre le contact et pour ramener la tige à ressort, il faut donc surmonter la résistance du ressort à boudin 19 et repousser la tige 20 jusqu'à ce que le cliquet à ressort 22 produise l'arrêt.

Le contact 23, permet de faire descendre la cabine de l'étage correspondant au point d'arrêt le plus bas parce qu'en fermant ce contact *g* et *h* se trouvent reliés par *k* et *a*, de sorte que les phases décrites ci-dessus se répètent.

Au point d'arrêt le plus bas, le contact 23 est débrayé automatiquement par un plan incliné disposé sur son parcours.

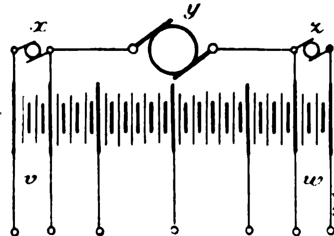


Fig. 10.

Le contact 28, installé au point d'arrêt le plus bas, permet de faire descendre la cabine d'un étage quelconque.

Le contact 30, relié à la porte de la cabine, ainsi que le contact 31, actionné par la suspension du câble, c'est-à-dire par le parachute *s*, sont sur les conducteurs *k*, de sorte que, quand la porte de la cabine est ouverte et que le parachute entre en fonction, le courant est interrompu d'une façon certaine, le levier 9 reprend sa position centrale et la machine est arrêtée. 29, 32 désignent des commutateurs de sûreté automatiques actionnés par les mouvements du moteur et qui entrent en fonction dans le cas où les positions extrêmes de la cage seraient dépassées. A cet effet, la came de commande 27 est actionnée avec une vitesse telle qu'elle effectue à peine un tour pendant que la cage accomplit un parcours complet.

Lorsque cette dernière dépasse sa position extrême, les saillies 33 entrent, par suite de

la continuation du mouvement de rotation de la came 27, en contact avec les bras des leviers de contact 32 qui se trouvent sur leur parcours, de sorte que l'écart des leviers de contact 32 interrompt un des contacts 29.

Lorsqu'on marche à grandes vitesses, l'une des principales causes de pertes est la nécessité d'insérer dans le circuit des résistances considérables lors de la mise en train, au départ; et, dans les appareils destinés à manœuvrer des marchandises et à transporter des personnes, la diminution de vitesse du service des voyageurs s'obtient aussi par l'introduction de résistances considérables entraînant des pertes; les dispositifs de MM. SIEMENS et HALSKE représentés par les figures 8 à 12 ont pour objet de réduire considérablement ces pertes.

Pour éviter les pertes dans le démarrage des ascenseurs à grande vitesse, on intercale,

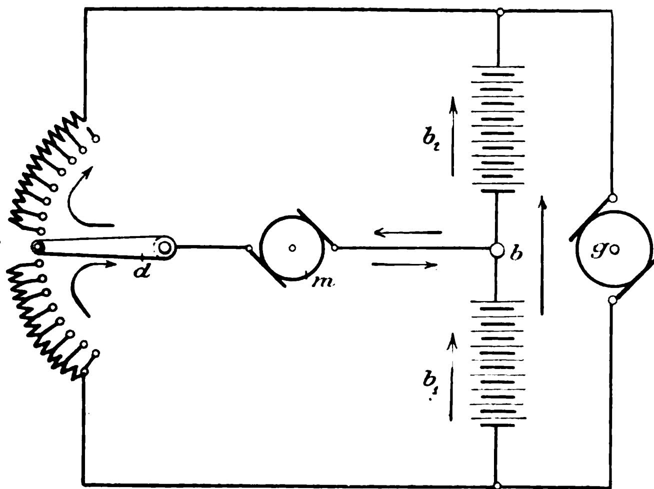


Fig. 11.

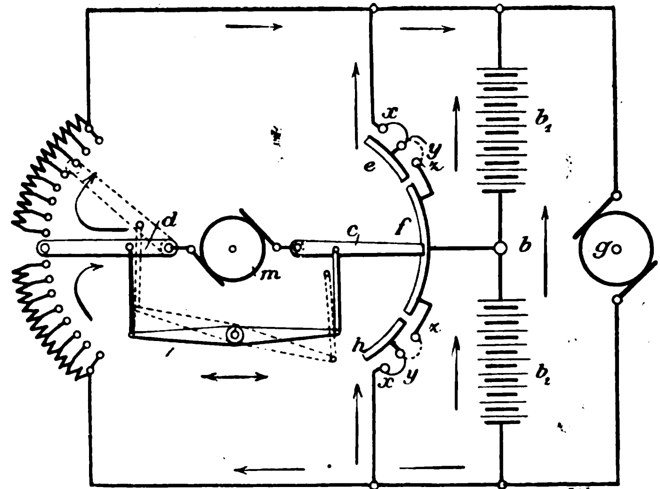


Fig. 12.

entre la génératrice et la réceptrice ou le moteur, une batterie d'accumulateurs qui atténue les variations de l'énergie du courant et permet d'en augmenter facilement et graduellement l'intensité pendant le démarrage; la difficulté est de régulariser la décharge de cette batterie au moteur.

Dans le cas d'un appareil à deux cabines, comme dans les mines, l'une descendante et l'autre montante, on relie la batterie au moteur, pour le démarrage de la première cage, par son pôle de droite *a* (fig. 8) de sorte que le diagramme de sa décharge, pendant l'accélération de cette cage, est donnée par le tracé *abcd*; puis, à la montée de la seconde cage, la liaison se fait par le pôle de droite. On introduit ainsi, dans le circuit, successivement un nombre croissant d'éléments, d'abord de gauche à droite, puis de droite à gauche, de sorte que, pendant la durée d une montée suivie d'une descente d'une cage, chacun de ces éléments est resté en décharge pendant le même temps total; à la limite, c'est-à-dire avec un nombre indéfini d'éléments, les diagrammes de décharges successives de la batterie seraient représentés par deux triangles *fh* et *gh* (fig. 8) opposés, et dont la somme des ordonnées est constante.

La réalisation de ce réglage est indiquée schématiquement par la figure 9, dans laquelle on a supposé la batterie divisée en quatre groupes *iklm* reliés aux touches et barres de contact *q* et *r*, sur lesquelles passe le balai *op*, relié à l'armature de la réceptrice. La position *s* de *op* correspond à l'arrêt, et l'on voit que, suivant que l'on déplace *op* de *s* vers *t* ou de *s*

vers n, on introduit les éléments $mlki$... tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre en changeant la rotation du moteur.

Il est, en général, avantageux de ne comprendre, dans les deux groupes extrêmes v et w (fig. 10) de la batterie, qu'un petit nombre d'éléments, de manière à pouvoir démarrer ou marcher quelque temps à très faible vitesse, si on le désire; mais alors ces deux groupes sont évidemment plus déchargés que les autres; on remédie à cette inégalité par l'emploi d'un petit convertisseur tournant rechargeur xyz.

Dans le cas d'un appareil devant servir tantôt aux marchandises, tantôt aux passagers, avec des vitesses variant, de ce fait entre 2,70 m par seconde, pour les passagers, et 15 m pour les marchandises, on peut, comme l'indique la figure 11, relier la génératrice g toujours aux deux pôles de la batterie d'accumulateurs b, et le moteur m, par le commutateur d, alternativement au groupe b_1, puis au groupe b_2 de cette batterie, suivant que c'est la première ou la seconde cage qui monte, de sorte, qu'après ces deux montées, les deux sections de la batterie se sont également déchargées.

Pour le démarrage très rapide du service des marchandises, on emploiera le dispositif (fig. 12), où les trois contacts efh de la batterie en ont deux : e et h, reliables, par xyz, soit au milieu b de la batterie, soit à ses extrémités. La connexion yz sert pour la petite vitesse, comme en figure 10. Avec la connexion zx, à mesure que d s'écarte de sa position zéro, il entraîne c de manière à relier m d'abord, par f à la moitié de la batterie, puis, par h ou e, à la totalité, à mesure que l'on retranche les résistances du circuit ; on voit, qu'à chaque montée, on introduit dans le circuit de m d'abord l'un ou l'autre des groupes b' ou b^2, puis toute la batterie.

(*A suivre*). G. RICHARD.

ÉTUDE COMPLÈTE

DE LA VARIATION DE TENSION DU FIL TÉLÉPHONIQUE

CALCUL PRATIQUE DES POTEAUX MÉTALLIQUES SOUTENANT LES GRANDS FAISCEAUX AÉRIENS

Le fil téléphonique réagit violemment sur les soutiens, car il est très fortement tendu pour éviter les déréglages. Il en résulte que les poteaux sont soumis à des efforts fléchissants considérables.

L'état de sollicitation des soutiens est d'ailleurs très variable avec la tension des fils, qui dépend de leur température et de leur état de surcharge.

De plus, on doit considérer les hypothèses d'accidents provoquant la rupture d'un faisceau entier de fils. Le poteau avoisinant la portée disparue doit pouvoir résister aux nouveaux efforts qu'exercent sur lui les fils restants.

Le calcul des soutiens est donc un problème de construction très spécial. Il doit être basé sur une étude minutieuse de la variation de la tension du fil téléphonique.

Nous allons succinctement développer ici ce dernier point, car nous croyons avoir apporté quelques données théoriques nouvelles sur la question de la *surcharge des fils*, et ensuite, car nous voulons montrer qu'il est nécessaire de tenir compte, dans les calculs approximatifs, de la variation de l'*allongement élastique du fil*; sans cela on peut aboutir à des résultats entachés de grossières erreurs.

Nous examinerons ensuite les diverses hypothèses de sollicitation du poteau et nous exposerons le moyen pratique d'obtenir les dimensions du soutien, dans chaque cas particulier.

Première partie. — Tension du fil téléphonique

I. Notations. — Unités : le kilogramme, le centimètre.

a, portée du fil.

t, tension du fil par unité de section, au point le plus bas.

τ, température du fil en degrés centigrades.

p, poids de l'unité de longueur du fil sous l'unité de section; le fil est non tendu et à la température de zéro degré.

$p = 9 \times 10^{-3}$ pour le bronze phosphoreux.

l, longueur du fil dans les mêmes conditions.

f, flèche du fil.

$p_{t\tau}$, $l_{t\tau}$, $f_{t\tau}$ valeurs de p, l, f le fil étant tendu à τ degrés centigrades, sous la tension de t kilos.

ε, allongement élastique du fil par unité de longueur, pour une augmentation de tension de un kilogramme par centimètre carré.

$e = 78 \times 10^{-8}$ pour le fil de bronze phosphoreux.

δ, coefficient de dilatation du fil par degré centigrade.

$$\delta = 16 \times 10^{-6}$$

s, section du fil.

T, P, valeurs totales de t et p pour le fil de section s.

II. Données sur la chaînette. — Les fils téléphoniques étant fortement tendus, les données suivantes sont obtenues avec l'approximation du centième.

Longueur de la chainette. — $l_t = a + \frac{a^3 p^2}{24 t^2}$. (1)

Flèche. — $f = \frac{a^2 p}{8t}$. (2)

Tension du fil. — t en chacun des points du fil.

Composante horizontale de la tension au point d'attache. — Elle vaut t.

III. Variation de la portée, de la température et de la surcharge des fils. — Variation de la portée. — a passant à a_1 et t à t_1 on obtient la relation approximative :

$$\frac{a_1 - a}{a} = \frac{a^2 p^2}{24}\left[\frac{1}{t^2} - \frac{1}{t_1^2}\right] + \varepsilon (t_1 - t). \tag{3}$$

Variation de la température. — τ passant à τ_1 et t à t_1 on obtient de même

$$\delta (\tau_1 - \tau) = \frac{a^2 p^2}{24}\left[\frac{1}{t_1^2} - \frac{1}{t^2}\right] + \varepsilon (t - t_1). \tag{4}$$

Variation de la surcharge du fil. — La surcharge des fils par la pluie et, en hiver, par la neige et par le givre, constitue un défaut très grave des réseaux aériens. C'est à elle que l'on doit attribuer la plupart des déréglages, des contacts, des ruptures qui dérangent si souvent les communications.

Ces phénomènes si importants ont été peu étudiés jusqu'à présent; nous en présentons une étude théorique dont les résultats sont entièrement confirmés par l'expérience et qui jette une vive lumière sur certains phénomènes très curieux que l'on avait observés en pratique.

Lorsqu'un fil se surcharge, on peut admettre que tout se passe comme si le poids de l'unité de longueur du fil passait de p à une valeur moyenne p_1 qui lui est supérieure. La tension du fil atteint alors la valeur t_1.

On peut alors établir la relation approximative :

$$\varepsilon (t_1 - t) = \frac{a^2}{24}\left[\frac{p_1^2}{t_1^2} - \frac{p^2}{t^2}\right]. \tag{5}$$

****

VARIATION SIMULTANÉE DE TOUS LES ÉLÉMENTS. — **Formule générale :**

$$\frac{a_1 - a}{a} = \delta(\tau_1 - \tau) + \frac{a^2}{24}\left[\frac{p^2}{t^2} - \frac{p_1^2}{t_1^2}\right] + \varepsilon(t_1 - t). \qquad (6)$$

IV. Limites pratiques entre lesquelles varient les éléments $a\ \tau\ p\ t$. — PORTÉE a. — Les portées de 100 m sont courantes ; cependant la difficulté d'établir des soutiens dans les grandes villes a conduit les ingénieurs à adopter des portées atteignant 500 m.

TEMPÉRATURE τ. — Les limites de température sont celles correspondant aux températures maxima et minima de la contrée. En Belgique, sauf des cas exceptionnels, ces limites ne dépassent pas — 10° et + 30° centigrades.

SURCHARGE p_1. — Il est très difficile d'apprécier les surcharges-limites prises par des fils, dues à la neige et au givre.

On a cependant observé [1] que des portées en fil de bronze télégraphique de 1,6 mm de diamètre se sont rompues par suite de la surcharge de neige.

Ce phénomène s'est produit un assez grand nombre de fois pour admettre que les fils régulièrement tendus sur une portée de 100 m à la tension de 1 500 kg au centimètre carré et vers la température de zéro degré, atteignent leur limite de rupture, c'est-à-dire 4 600 kg.

A l'aide de (5) on peut voir alors que p_1 doit atteindre 12 fois la valeur de p.

Les mêmes lignes rétablies en fil de bronze phosphoreux ont d'ailleurs résisté.

Il y a donc lieu de supposer que l'on se rapproche de la vérité en admettant que *la surcharge d'un fil électrique de 100 m et du diamètre de 1,6 mm peut atteindre 12 — 1 = 11 fois le poids du fil.*

VARIATION DE LA LIMITE DE p_1 AVEC LE DIAMÈTRE DU FIL. $p_1 = \frac{P_1}{s}$. — Il est très probable que P_1 augmente avec s.

Admettons que P_1 soit proportionnel à s ; *p_1 est alors une constante.*

Cette loi n'est pas certaine et est adoptée à cause de sa simplicité.

VARIATION DE LA LIMITE DE p_1 AVEC LA PORTÉE. — Si l'on suppose que la limite supérieure de p_1 est indépendante de a, on arrive à des tensions considérables, lorsque la portée augmente.

A l'aide de (5) on peut en effet s'assurer que t_1 atteint la valeur de rupture du bronze téléphonique pour $p_1 = 12\ p$, lorsque a a atteint 250 m ; cette tension de rupture est même provoquée pour $p_1 = 6\ p$ dans les portées extrêmes de 500 m.

Or, on n'observe pas ces fortes tensions, qui correspondraient à de fréquentes ruptures de fils dans les réseaux sillonnant les villes.

Les surcharges n'atteignent donc pas les valeurs supposées.

Il y a d'ailleurs de bonnes raisons de croire que *la surcharge unitaire maxima varie en raison inverse de a.*

L'existence de la surcharge suppose nécessairement une immobilité relative du fil. Celle-ci sera plus difficilement réalisée pour les fils les plus longs, d'autant plus que ces portées sont très souvent situées à une grande altitude, et plus sujettes à l'action du vent.

D'ailleurs il est peu probable que les surcharges s'étendent sur la totalité du fil ; ce fait est d'autant plus certain que les fils seront plus longs.

Nous proposons d'adopter la loi empirique

$$(p_1^2 - p^2)\, a^2 = \text{constante}$$

Cette loi se rapproche de la loi simple

$$p \times a = \text{constante}$$

et permet de supposer une surcharge pour toutes les valeurs de a, ce qui est logique.

La constante est déterminée par le fait que $p_1 = 12\ p$ pour $a = 100$ m.

[1] PIÉRARD. *Téléphonie*, p. 149.

On obtient ainsi :

$$(p_1^2 - p^2)\, a^2 = (12^2 - 1)\, p^2 \times 10^8. \qquad (7)$$

VARIATION DE LA LIMITE SUPÉRIEURE DE p_1 AVEC a. — Une portée de fils se rompant, les fils de la portée voisine subiront un brusque déplacement; ils ne reprendront leur immobilité qu'après quelques oscillations, accentuées par l'élasticité du soutien. Une partie de la surcharge peut alors disparaître. Un phénomène semblable est observé lorsque les ouvriers poseurs du télégraphe déchargent un fil en le remuant.

D'un autre côté, la diminution de portée étant compensée par la diminution de l'allongement élastique du fil (voir (6)), le givre et la glace qui n'ont pas le coefficient d'élasticité du bronze peuvent être désagrégés en chacun des points du fil.

Il y a donc lieu de réduire notablement la valeur de la surcharge maxima après la rupture. Nous admettons empiriquement que cette *surcharge se réduit de moitié*.

Le coefficient *12* passe donc à *6* dans (7). La loi de la surcharge maxima devient

$$(p_1^2 - p^2)\, a^2 = (6^2 - 1)\, p^2 \times 10^8$$

ou bien

$$p_1^2 a^2 = p^2 a^2 + 35 p^2 \times 10^3. \qquad (8)$$

La relation (6) convenant à ce cas devient :

$$\frac{a_1 - a}{a} = \delta(\tau_1 - \tau) + \frac{a^2 p^2}{24}\left[\frac{1}{t^2} - \frac{1}{t_1^2}\right] + \varepsilon(t_1 - t) - \frac{35}{24}\,\frac{p^2}{t_1^2}\,10^8. \qquad (9)$$

TENSION t. — La tension de rupture du fil de bronze phosphoreux téléphonique atteint 8 000 kg par centimètre carré.

Les fils conservant leur élasticité jusqu'à des valeurs très voisines de leur limite de rupture, on admet parfaitement des tensions atteignant le quart de cette limite.

En admettant un pareil coefficient de sécurité pour la température courante de l'hiver, soit zéro degré, on peut se convaincre, à l'aide la formule (4), que ce coefficient de sécurité varie dans des limites très admissibles avec la température, qui ne descend pas en dessous de — 10°.

La vraie cause des dérangements des lignes téléphoniques est la surcharge des fils.

La formule (9) montre, qu'à moins d'admettre en temps ordinaire des tensions trop faibles qui amèneraient des perturbations dans les faisceaux, il faut se contenter de limiter les tensions intermittentes aux $\frac{3}{5}$ [1] de la valeur de rupture dans le cas de surcharge maxima.

V. Nécessité de tenir compte de l'allongement élastique du fil téléphonique dans les calculs. — Dans l'application de la formule (9), beaucoup d'ingénieurs négligent le terme $\varepsilon(t_1 - t)$ dû à la variation de l'allongement élastique du fil.

On n'en tient compte que dans l'étude de la variation de la tension avec la température (formule (4)), car on arriverait autrement à des résultats en trop violent désaccord avec l'expérience.

On arrive cependant à des erreurs grossières également, lorsqu'on étudie la variation de tension avec la portée, en se servant de la formule incomplète

$$\frac{a_1 - a}{a} = \frac{a^2 p^2}{24}\left[\frac{1}{t^2} - \frac{1}{t_1^2}\right]. \qquad (10)$$

PREMIER EXEMPLE. — Ainsi, on trouve dans Piérard (*La Téléphonie*, p. 181) que « le fil de bronze télégraphique de 1,6 mm tendu à 23,9 kg sur une portée de 100 m voit sa tension tomber à 10 kg environ lorsque la portée diminue de 10 cm.

En employant la formule (3), on voit qu'une diminution de portée de 15,5 cm est nécessaire pour provoquer cette chute de tension.

---

(1) D'après PIÉRARD (*Téléphonie*, p. 143) on pourrait aller jusqu'aux 3/4.

L'erreur devient autrement considérable pour les fils téléphoniques.

Un fil étant tendu à zéro degré à la tension unitaire de 2 000 kg sur la portée de 100 m, pour une diminution de portée de 10 cm, la formule (10) accuse une chute de tension jusqu'à $t_1 = 500$ kg, alors que la formule (3) donne $t_1 = 1\,000$ kg.

Ces tensions restantes sont utilisées dans le calcul des soutiens. On considérerait donc des efforts qui ne seraient que la moitié des efforts réels !

Deuxième exemple. — *Arrêt des conducteurs sur les isolateurs. Son influence sur le dérèglage des fils.* — Ici l'influence du terme $\varepsilon\ (t_1 - t)$ va changer les conclusions du tout au tout.

En effet, on attribue généralement le dérèglage des conducteurs à la mobilité des supports.

On trouve à ce propos un petit calcul dans Weiller et Vivarez (p. 328) reproduit d'après les *Annales télégraphiques* (série 3, vol. XVII, p. 138).

A l'aide d'une formule se réduisant à (10), on y trouve que, pour la portée de 80 m, une diminution de portée de 1 cm donnée à un fil de bronze télégraphique ayant une flèche de 1 m, fait varier cette flèche de 14 cm.

A l'aide de (3) on voit que cette augmentation de la flèche n'est que de 9 cm.

Si on avait appliqué les calculs à un fil de bronze téléphonique, on aurait trouvé avec (3) que le fil tendu sur 100 m à la tension unitaire de 2000 kg, accuse une augmentation de flèche de 2,5 cm pour la diminution de portée de 1 cm. Le calcul erroné que nous venons de citer en accuse 30 dans les mêmes conditions.

Il en résulte immédiatement que « les petits déplacements de 1 cm qui semblent pouvoir se produire par suite d'un changement d'inclinaison du poteau occasionné par un tassement du sol, de la torsion d'une console d'isolateur à la suite d'un choc, de la différence de traction des fils, etc. » ne dérèglent pas du tout les fils téléphoniques d'une façon notable. La règle consistant à ne pas arrêter les fils à tous les appuis, mais seulement tous les 500 m ne se justifie pas du tout [1].

Deuxième partie. — Calcul des soutiens

1. Hypothèses de sollicitation. — Les hypothèses de sollicitation d'un poteau soutenant un réseau aérien sont multiples. Dans les grands faisceaux, les efforts correspondants qu'il faudrait considérer au sommet des soutiens sont considérables.

On ne peut songer à pratiquer ici les méthodes ordinaires de la construction, qui consisteraient à adopter l'hypothèse la plus défavorable et à limiter les efforts correspondants exercés dans le poteau, au coefficient de résistance *ordinaire* du métal.

Les soutiens ainsi déterminés auraient des dimensions démesurées : ils présenteraient en fait un excès de stabilité, étant donné le court intervalle de temps pendant lequel ils pourraient être soumis à ces efforts défavorables.

Pour arriver à une solution économique, on pourrait envisager toutes les hypothèses de sollicitation, et dans chacune d'elles, faire travailler le métal du poteau à un coefficient R d'autant plus élevé que le cas envisagé a une probabilité d'arrivée plus faible et une durée moins longue. On ferait en sorte de ne pas dépasser la limite d'élasticité du métal dans le cas le plus défavorable.

On arrive ainsi à considérer les quatre hypothèses de sollicitation suivantes :

Hypothèse 1. — *Effort permanent.* R_1. — Il résulte de l'angle fait par les portées adjacentes.

---

[1] D'ailleurs, les déplacements même légers des isolateurs sont contrecarrés par la traction des fils.

Si deux fils de 1,6 mm sont tendus à 40 kg dans le prolongement l'un de l'autre, un déplacement de 5 cm de l'isolateur provoquerait une force de 24 kg tendant à remettre l'isolateur en place.

Weiller et Vivarez (p. 332) signalent aussi que « l'usure des conducteurs au point où ils ne sont pas arrêtés et où ils peuvent par conséquent glisser sur les isolateurs, augmente considérablement, et provoque assez rapidement une réduction suffisante de la section du fil pour amener la rupture du conducteur ».

Enfin, on pourrait prouver à l'aide de la formule (9) que le dérèglage des fils par la surcharge peut augmenter au lieu de diminuer, lorsque ces fils ne sont attachés que tous les 500 m, et que ce mode de fixation présente un désavantage marqué au point de vue de la stabilité des soutiens.

On limitera le travail du métal du poteau au coefficient de résistance ordinaire, soit 600 kg pour le fer et 900 kg pour l'acier, par centimètre carré.

Hypothèse 2. — *Surcharge des fils*. R_2. — Les surcharges de pluie, de neige ou de glace sont intermittentes ; leur fréquence et leur durée sont en raison inverse de leur intensité.

On admettra que le poteau travaille au maximum possible, lorsque la surcharge atteint son maximum; on admettra les coefficients de résistance 1 200 kg pour le fer et 1 800 kg pour l'acier.

Hypothèse 3. — *Rupture d'un faisceau entier*. R_3. — L'effort supplémentaire exercé sur le poteau sera de courte durée ; on pourra rapidement porter remède à la situation, à l'aide d'un hauban, par exemple. L'accident est d'ailleurs rare.

On pourrait prendre les coefficients de résistance : 1 000 kg pour le fer et 1 500 kg pour l'acier.

Hypothèse 4. — *Rupture d'un faisceau entier, les fils restant surchargés*. R_4. — Ce cas est doublement accidentel et de très courte durée. On peut faire travailler le métal à son grand maximum, soit 1 400 kg pour le fer et 2 100 kg pour l'acier.

Les ingénieurs hardis peuvent rejeter l'une ou l'autre de ces hypothèses, dont la probabilité d'arrivée leur semble suffisamment faible, pour que l'économie réalisée, en en faisant abstraction, compense le risque de la perte du poteau.

Voici actuellement les trois cas qui vont être examinés :

1° *Un seul faisceau* est fixé au poteau, les soutiens immédiatement voisins étant des *points fixes* tels que chevalets, appuis dans les murailles, etc. ;

2° *Même cas*, mais la ligne est posée sur une *série de poteaux ;*

3° Les faisceaux s'éloignent dans *plus de deux directions*.

II. Evaluation de la flèche prise par un poteau sous un effort fléchissant exercé au sommet. — En appelant :

- F, la résultante horizontale de l'effort de traction ;
- h, la hauteur au-dessus de la section d'encastrement, du point d'application de F;
- s, la surface de la section droite d'une cornière d'angle du poteau, à la base;
- I, le moment d'inertie de la section d'encastrement du poteau par rapport à une horizontale passant par le centre de gravité ;
- v, la demi-largeur du poteau à la base;
- v_0, la demi-largeur du poteau au sommet;
- n, la pression normale maximum développée dans la section d'encastrement ;
- Y, la flèche totale prise par le poteau au point d'application de F ;
- E, le coefficient d'élasticité du métal du poteau ;

On trouve

$$Y = C \times n \times h. \tag{11}$$

C étant une constante valant

$$C_1 = \left(\frac{h}{v}\right) \times \frac{1}{E} \times \left[\frac{\frac{v_0}{v}}{\left(1 - \frac{v_0}{v}\right)^2} \log_e \frac{v_0}{v} + \frac{1}{1 - \frac{v_0}{v}} \right]$$

pour le poteau d'*égale résistance* et

$$C_2 = \left(\frac{h}{v}\right) \times \frac{1}{E} \left[\frac{2\frac{v_0}{v} + 1}{2\left(1 - \frac{v_0}{v}\right)^3} \log_e \frac{v_0}{v} + \frac{3}{2} \frac{1}{\left(1 - \frac{v_0}{v}\right)^2} \right]$$

pour le poteau dont la *section de cornière d'angle est constante sur toute la hauteur*.

Ces résultats supposent que $\left(\frac{h}{v}\right)$ et $\left(\frac{v_0}{v}\right)$ sont des constantes que l'on se fixe à priori, et que $I = 4s \times v^2$.

Lorsqu'on prend

$$\frac{h}{v} = 50 \qquad \frac{v_0}{v} = \frac{1}{2} \qquad E = 2 \times 10^6$$

On trouve

$$C_1 = 1\,500 \times 10^{-8} \qquad (12)$$
$$C_2 = 1\,125 \times 10^{-8}$$

Aux poteaux qui auraient des réductions de sections à divers niveaux, sans être toutefois d'égale résistance à la flexion, correspondent des valeurs de C intermédiaires à C_1 et C_2.

III. **1er Cas. Poteau soutenant un faisceau unique, les soutiens immédiatement voisins étant des points fixes.** — Hypothèse 1. *Effort permanent.* —

Soient :

σ, la section totale des fils du faisceau ;

α, l'angle des deux portées adjacentes ;

t_1, la tension unitaire des fils (2 000 kg).

L'effort fléchissant exercé au sommet du poteau atteint

$$F_1 = 2\sigma \times t_1 \times \sin \frac{\alpha}{2}. \qquad (13)$$

La pression normale maxima exercée dans la section d'encastrement atteint

$$n_1 = F_1 \times \frac{hv}{I}. \qquad (14)$$

Si l'hypothèse 1 était la plus défavorable, on prendrait

$$n_1 = R_1$$

et par suite :

$$\frac{hv}{I} = \frac{F_1}{R_1}. \qquad (15)$$

Hypothèse 2. *Surcharge des fils.* — Les fils se surchargeant au maximum, on peut vérifier à l'aide de (5), où p est donné par (7), que la nouvelle tension t_2 du fil ne dépasse pas $2 \times t_1$ lorsque les portées ne varient pas ; or, la surcharge des fils ne peut que diminuer la longueur des portées, par suite de l'augmentation de la flèche du poteau.

Il en résulte que n_2 ne dépassera pas $2n_1$ et que l'on aura donc

$$n_2 < R_2$$

puisque $R_2 = 2R_1$.

La condition de stabilité est toujours satisfaite.

Hypothèse 3. *Rupture d'un faisceau entier.* — Le poteau qui avait primitivement une flèche y_1 dans la direction de l'effort F_1 va prendre une flèche y_3 dans la direction de la portée de fils restante.

OC étant la projection orthogonale de la flèche OA sur OB (fig. 1), la diminution $z_3 = BC$ de portée du fil sera exprimée par

$$z_3 = y_3 - y_1 \sin \frac{\alpha}{2}. \qquad (16)$$

A l'aide de (11), (13) et (14) et des équations correspondantes de l'hypothèse 3, on peut établir :

$$\frac{y_3}{y_1} = \frac{n_3}{n_1} = \frac{F_3}{F_1} = \frac{t_3}{2t_1 \sin \frac{\alpha}{2}}. \qquad (17)$$

Dans (16) alors

$$z_3 = y_3 \left[1 - \frac{2t_1 \sin^2 \frac{\alpha}{2}}{t_3} \right]$$

ou bien

$$\frac{z_3 t_3}{a} = C \times n_3 \times \frac{h}{a} \left[t_3 - 2t_1 \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right]. \qquad (18)$$

La relation (3) donne d'un autre côté

$$\frac{z_3 t_3}{a} = t_3 \left\{ \frac{a^2 p^2}{24} \left[\frac{1}{t_1^2} - \frac{1}{t_3^2} \right] + \varepsilon (t_3 - t_1) \right\} \qquad (19)$$

Si l'hypothèse 3 est la plus défavorable on a

$$n_3 = R_2$$

(18) et (19) déterminent alors t_3.

Pour résoudre ce système d'équations, on a construit les abaques de (19) donnant $\frac{z_3 t_3}{a}$ en fonction de t_3 pour les diverses portées a (voir abaques I.).

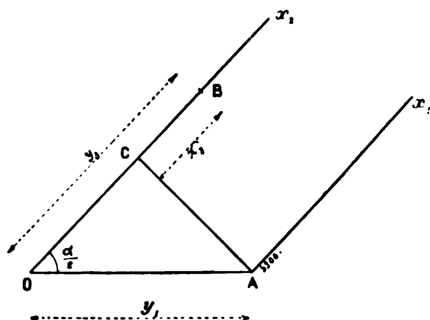


Fig. 1.

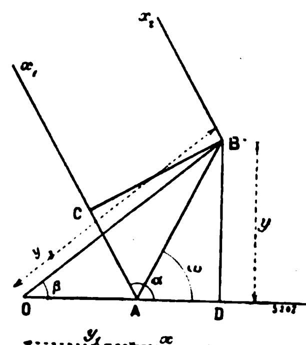


Fig. 2.

Il suffit de prendre l'intersection de ces graphiques, convenant pour tous les cas, avec la ligne droite représentée par (18) pour obtenir la valeur de t_3.

On pendra ensuite

$$F_3 = \sigma \times t_3;$$

puis

$$\frac{h\nu}{I} = \frac{F_3}{R_3}.$$

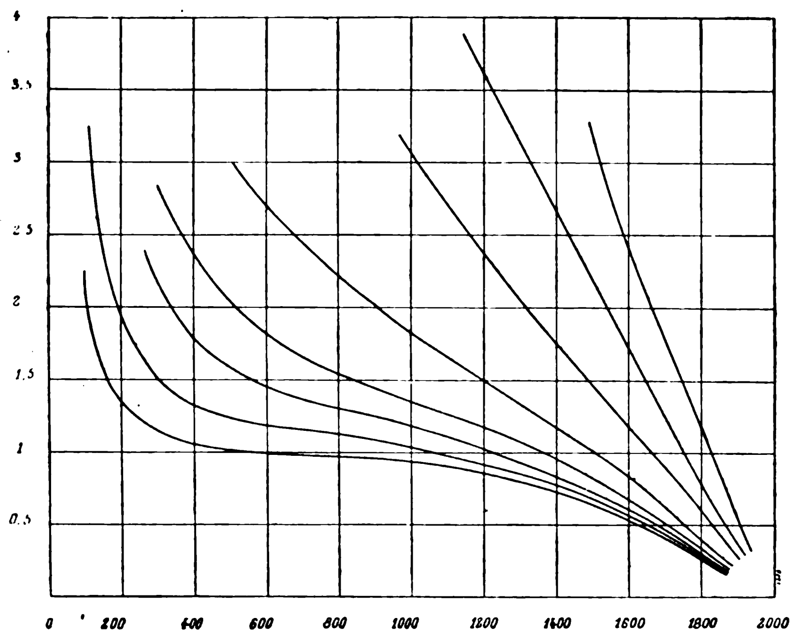
Hypothèse 4. *Rupture d'un faisceau entier, les fils du faisceau restant étant surchargés.* — On obtiendra de même les relations successives :

$$z_4 = y_4 - y_1 \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$\frac{y_4}{y_1} = \frac{n_4}{n_1} = \frac{F_4}{F_1} = \frac{t_4}{2t_1 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

$$\frac{z_4 t_4}{a} = C \times n_4 \times \frac{h}{a} \left[t_4 - 2t_1 \sin^2 \frac{\alpha}{2} \right] \qquad (20)$$

$$\frac{-z_4 t_4}{a} = t_4 \left\{ \frac{a^2 p^2}{24} \left(\frac{1}{t_1^2} - \frac{1}{t_4^2} \right) + \varepsilon (t_4 - t_1) - \frac{35}{24} \frac{p^2}{t_4^2} \times 10^8 \right\} \qquad (21)$$



Abaque I. — Premier cas, hypothèse 3.

Faisant $n_4 = R_4$,

On peut construire les graphiques de (21) (Abaques II) et en prendre l'intersection avec la droite (20), pour obtenir t_4.

Ensuite

$$F_4 = \sigma \times t_4$$

$$\frac{hv}{I} = \frac{F_4}{R_4}.$$

On prendra $\frac{hv}{I}$ égal à la valeur maximum des trois quantités $\frac{F_1}{R_1}\,\frac{F_3}{R_3}\,\frac{F_4}{R_4}$; l'hypothèse correspondante est la plus défavorable.

On peut prouver que l'hypothèse 4 est toujours plus défavorable que l'hypothèse 3, en sorte que l'on ne devra considérer que l'une des deux, suivant que l'on veuille ou non tenir compte de la surchage des fils lors de la rupture dans les calculs.

IV. Deuxième cas. Poteau soutenant un faisceau unique, posé sur une série de poteaux. — Les hypothèses 3 et 4 seules donnent lieu à des résultats nouveaux.

Hypothèse 3. — Par suite de la flèche prise par le poteau, la tension du fil diminue dans la portée restante qui y aboutit ; le poteau qui suit fléchit à son tour, provoque une chute de tension dans la portée suivante, ce qui provoque la flexion du poteau suivant, etc. (1),

Soient $z_3\ z_4\ z_5$... les flèches successives des poteaux.

$F_3\ F_4\ F_5$ les efforts horizontaux agissant sur les extrémités ds ceux-ci.

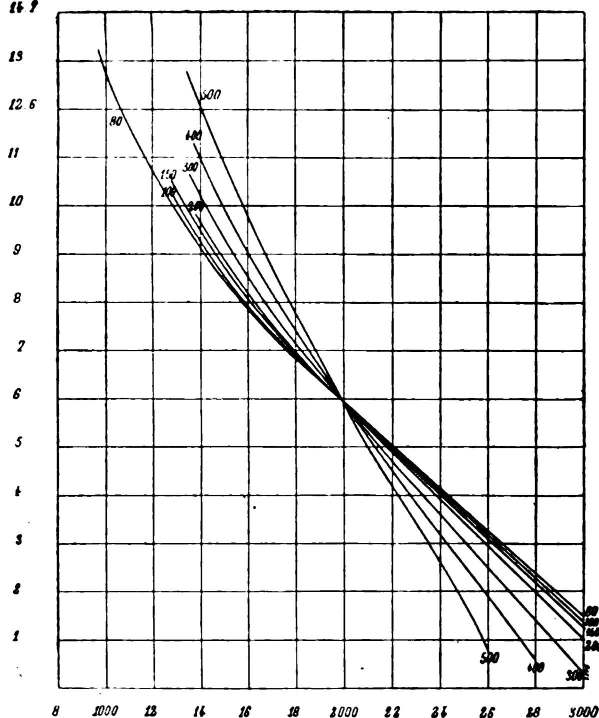
Les poteaux étant identiques, on aura par les formules de la flexion

$$z = K \times F. \qquad (22)$$

K étant une constante...

Les poteaux étant supposés en ligne droite, on a

$$F_3 = \sigma \times t_3 \qquad F_4 = \sigma\,(t_4 - t_3) \qquad F_k = \sigma\,(t_k - t_{k-1}).$$



Abaque II. — Premier cas, hypothèse 4.

(1) Il existe une solution de ce problème dans *La Lumière Électrique*, t. LI, p. 557 due à M. l'ingénieur Colard, qui depuis a traité la question une deuxième fois, par un procédé graphique dans une conférence donnée à la Société des ingénieurs sortis de l'Institut Montefiore.

A cause de (22) :

$$z_3 = gt_3 \qquad z_4 = g(t_4 - t_3) \qquad z_k = g(t_k - t_{k-1}) \tag{23}$$

g étant une autre constante.

La valeur limite de t_k étant t_1, on aura par addition dans (23) :

$$z_1 = \sum_3^\infty z_k = gt_1. \tag{24}$$

Les portées successives, que l'on supposera sensiblement égales à la première ont diminué de

$$(z_3 - z_4) \qquad (z_4 - z_5)\ldots \qquad (z_k - z_{k+1}).$$

Les tensions y sont tombées de t_1 à t_3 $t_4 \ldots t_k$.

On a donc une série de relation de la forme

$$z_k - z_{k+1} = a\varepsilon(t_1 - t_k) + \frac{a^3p^2}{24}\left[\frac{1}{t^2_k} - \frac{1}{t^2_1}\right]$$

Par différence de deux relations successives on obtient :

$$z_{k-1} - \left(2 + \frac{a\varepsilon}{g}\right)z_k + z_{k+1} = \frac{a^3p^2}{24}\left[\frac{1}{t^2_{k-1}} - \frac{1}{t^2_k}\right]. \tag{25}$$

On peut écrire

$$\frac{1}{t^2_{k-1}} - \frac{1}{t^2_k} = (t_k - t_{k-1})\frac{t_k + t_{k-1}}{t^2_{k-1} \times t^2_k}. \tag{26}$$

Les tensions t_k sont encore relativement fortes dans le cas des fils téléphoniques.

Le terme du deuxième membre de (25) est en général faible vis-à-vis de chacun de ceux du premier membre ; sans faire une grande erreur, on pourra écrire (26) sous la forme

$$\left(t_k - t_{k-1}\right)\frac{2}{t^3_1}$$

et par suite dans (25)

$$z_{k-1} - \left(2 + \frac{a\varepsilon}{g} + \frac{a^3p^2}{24g} \times \frac{2}{t^3_1}\right)z_k + z_{k+1} = 0. \tag{27}$$

Cette relation montre que la série des termes $z_3 \ldots z_k$, forme une progression géométrique décroissante dont la raison r est donnée par la racine plus petite que l'unité de l'équation dérivant de (27) :

$$r^2 - \left(2 + \frac{a\varepsilon}{g} + \frac{a^3p^2}{24 \times g} \times \frac{2}{t_1^3}\right)r + 1 = 0.$$

En sommant à l'infini les termes de cette progression, on obtient :

$$\sum_3^\infty z_k = \frac{z_3}{1 - r}$$

avec (24) et (23)

$$1 - r = \frac{t_3}{t_1}.$$

La variation de la première portée qui vaut $(z_3 - z_4)$ atteint donc

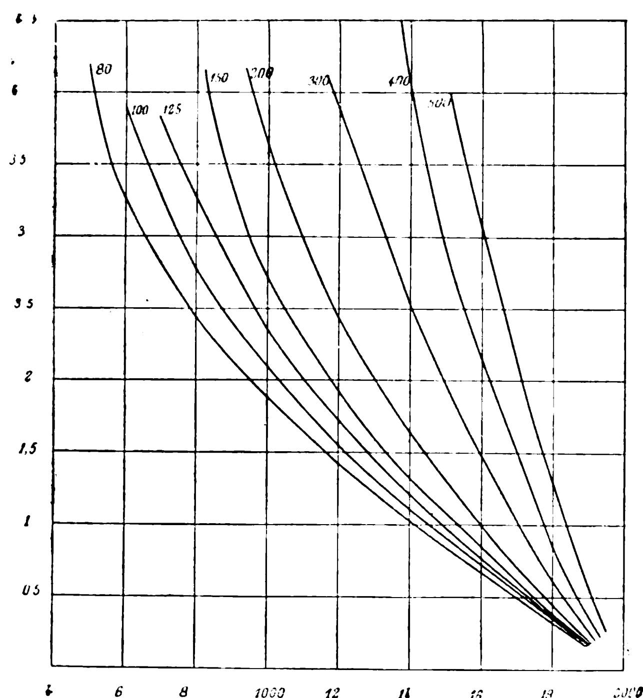
$$z_3(1 - r) = z_3\frac{t_3}{t_1}.$$

Si l'on reprend maintenant l'étude de l'hypothèse 3 du PREMIER CAS, on voit que les résultats sont applicables, sauf à remplacer dans (19) z_3 par $\frac{z_3 t_3}{t_1}$.

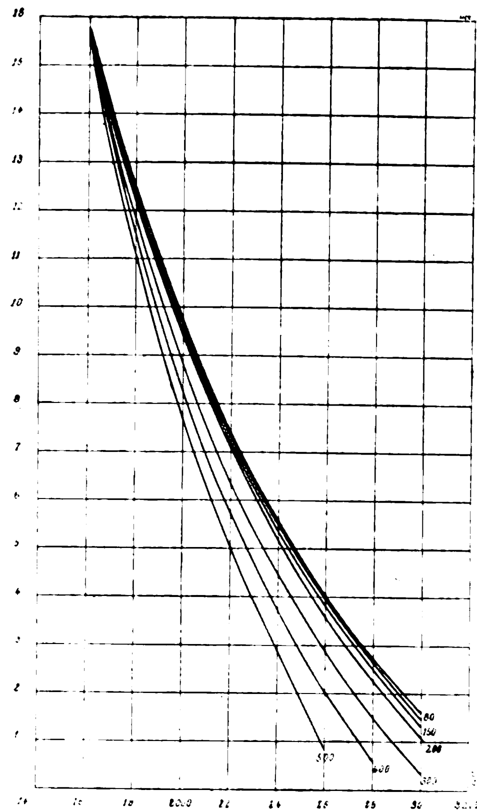
Cette relation devient ainsi

$$-\frac{z_3 t_3}{a} = t_1 \left\{ \frac{a^2p^2}{24}\left(\frac{1}{t_1^2}-\frac{1}{t_3^2}\right) + \varepsilon (t_3 - t_1) \right\}; \qquad (28)$$

les abaques III lui correspondent.



Abaque III. — Deuxième cas, hypothèse 3.



Abaque IV. — Deuxième cas, hypothèse 4.

HYPOTHÈSE 4. — Les recherches faites dans l'hypothèse 3 sont les mêmes ici, sauf à changer p en $6p$ et t_1 en t'_1, tension des fils surchargés avant la rupture.

Cette tension t'_1 est fournie par (9) se réduisant à

$$0 = \frac{a^2p^2}{24}\left[\frac{1}{t_1^2}-\frac{1}{t'^2_1}\right] + \varepsilon (t'_1 - t_1) - \frac{35}{24}\,\frac{p^2}{t'^2_1} \times 10^8$$

Ce qui donne aux différentes portées :

a	80	100	125	150	200	300	400	500	*m.*
t'_1	3 300	3 300	3 300	3 300	3 200	3 000	2 900	2 700	*kg.*

Par approximation, les calculs du PREMIER CAS sont applicables ici, sauf à remplacer dans (21) z_4 par $z_4 \times \frac{t_4}{t'_1}$; ce qui conduit à la relation

$$-\frac{z_4 t_4}{a} = t'_1 \left\{ \frac{a^2p^2}{24}\left(\frac{1}{t_1^2}-\frac{1}{t_4^2}\right) + \varepsilon (t_4 - t_1) - \frac{35}{24}\,\frac{p^2}{t_4^2} \times 10^8 \right\} \qquad (29)$$

Les abaques IV lui correspondent.

V. Troisième cas. **Poteau soutenant des faisceaux s'éloignant dans diverses directions.** — Les hypothèses 1 et 2 n'offrent aucune difficulté nouvelle.

Hypothèse 3. — On pourra souvent prévoir, en se basant sur la section des faisceaux et sur leur orientation, l'hypothèse de rupture la plus défavorable.

S'il y a doute, on fera successivement les diverses hypothèses de rupture en présence.

m faisceaux de sections $\sigma_1\ \sigma_2 \ldots \sigma_m$ aboutissant au poteau, soit à considérer la rupture du faisceau de section σ_k.

Le poteau qui avait la flèche OA (fig. 2) va prendre la flèche OB ; le fil tendu suivant Ax_1, le sera suivant Bx_2.

La variation de portée AC peut s'écrire :

$$\begin{aligned} AB \cos(\alpha - \omega) &= AB \cos\omega \cos\alpha + AB \sin\omega \sin\alpha \\ &= AD \cos\alpha + BD \sin\alpha \\ &= x\cos\alpha + y \sin\alpha. \end{aligned}$$

Si t_3 est la nouvelle tension du fil, cette différence peut s'exprimer par

$$a\varepsilon(t_1 - t_3) + \frac{a^3p^2}{24}\left[\frac{1}{t_3^2} - \frac{1}{t_1^2}\right]$$

ou plus simplement à l'aide d'une approximation déjà utilisée (26) et (27)

$$\rho(t_1 - t_3)$$

avec

$$\rho = a\varepsilon + \frac{a^3p^2}{24} \times \frac{2}{t_3^3}$$

D'où

$$x\cos\alpha + y\sin\alpha = \rho(t_1 - t_3) ;$$

en introduisant les projections de t_3 sur OA et BD, on peut écrire cette dernière relation

$$\begin{aligned} x\cos^2\alpha + y\cos\alpha\sin\alpha &= \rho(t_1\cos\alpha - t_3\cos\alpha) \\ x\cos\alpha\sin\alpha + y\sin^2\alpha &= \rho(t_1\sin\alpha - t_3\sin\alpha). \end{aligned}$$

Faisant la somme de ces relations correspondant aux portées de fils restantes, on obtient en posant

$$\begin{aligned} \Sigma\sigma\cos^2\alpha &= M \\ \Sigma\sigma\cos\alpha\sin\alpha &= N. \\ \Sigma\sigma\sin^2\alpha &= P \end{aligned}$$

et en remarquant que

$$\begin{aligned} \Sigma t_3\sigma\cos\alpha &= F_3\cos\beta \\ \Sigma t_3\sigma\sin\alpha &= F_3\sin\beta \end{aligned}$$

puisque F_3 est dirigé suivant OB,
puis

$$\begin{aligned} \Sigma t_1\sigma\cos\alpha + t_1\sigma_k\cos\alpha_k &= F_1 \\ \Sigma t_1\sigma\sin\alpha + t_1\sigma_k\sin\alpha_k &= 0 \end{aligned}$$

puisque le poteau était primitivement en équilibre, avec F_1 dirigé suivant OA,

$$\begin{aligned} Mx + Ny &= \rho(F_1 - t_1\sigma_k\cos\alpha_k - F_3\cos\beta) \\ Nx + Py &= \rho(-t_1\sigma_k\sin\alpha_k - F_3\sin\beta). \end{aligned} \qquad (30)$$

Mais l'on a

$$\cos\beta = \frac{y_1 + x}{y_3} \text{ et } \sin\beta = \frac{y}{y_3}$$

et dans le poteau

$$\frac{F_1}{y_1} = \frac{F_3}{y_3}. \tag{31}$$

Donc

$$F_3 \cos \beta = F_1 \left(1 + \frac{x}{y_1}\right) \qquad F_3 \sin \beta = F_1 \frac{y}{y_1}$$

et dans (30)

$$\left(M + \rho \frac{F_1}{y_1}\right) x + Ny = - \rho t_1 \sigma_k \cos \alpha_k \tag{32}$$

$$Nx + \left(P + \rho \frac{F_1}{y_1}\right) y = - \rho t_1 \sigma_k \sin \alpha_k$$

Le triangle OBD donne pour finir

$$Y_3^2 = (y_1 + x)^2 + y^2 \tag{33}$$

F_1 est connu ainsi que y_3 donné par la formule

$$y_3 = C \times n_3 \times h \quad \text{avec} \quad n_3 = R_3 \tag{34}$$

(32) et (33) déterminent donc y_1 et par suite F_3 par (31).

En pratique on introduira dans le système (32) et (33), la valeur de y_1 convenant à l'hypothése 1. Si la valeur de y_3 que l'on y obtient ainsi est inférieure à $\frac{R_3}{R_1} \times y_1$ l'hypothèse 1 est la plus défavorable, et il est inutile d'envisager l'hypothèse 3.

Dans le cas contraire, on recommencera les opérations en prenant une valeur de y_1 inférieure à la première, et on tâchera d'obtenir ainsi par approximation et en se servant au besoin d'une courbe d'erreur, la valeur de y_3 de (34).

Hypothèse 4. — La résolution du problème dans l'hypothèse 3 convient ici également, sauf à remplacer p par $6 \times p$ et t_1 par t'_1 donné par le tableau (2e cas). On peut encore démontrer que l'hypothèse **4** est toujours plus défavorable que l'hypothèse **3**.

Conclusions. — On voit que, dans toutes les hypothèses et dans tous les cas, on peut obtenir très simplement l'effort fléchissant F, soit en prenant l'intersection des abaques avec des droites faciles à construire, soit en résolvant des équations linéaires par rapport aux inconnues.

D'ailleurs les dimensions des poteaux auxquelles on arrive ainsi, restent dans les limites de celles que l'on a adoptées, d'une façon plutôt empirique, pour les soutiens actuellement en usage. Il n'y a donc pas d'inconvénient à adopter le procédé de calcul rationnel qui vient d'être exposé, et qui donne tous les apaisements au sujet de la stabilité des grands poteaux.

Pierre Vandeuren,
Sous-lieutenant du Génie belge.

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

ÉCLAIRAGE

La lampe Bremer, par **M. Laporte**, *Bulletin de la Société internationale des électriciens*, t. I (2e série), p. 360, juillet 1901, et par **Siegmund Saubermann**, *Zeitschrift für Elektrotechnik*, p. 188, 13 avril 1902.

La lampe Bremer constituait une des attractions les plus en vue de la section de l'éclairage électrique à l'Exposition de 1900. Elle est une heureuse combinaison de principes déjà anciens, il est vrai, mais dont l'inventeur a su tirer parti, grâce à une adaptation toute nouvelle. A cette époque, M. Laporte entreprit, au Laboratoire

central d'électricité, l'étude photométrique de ce nouveau régulateur avec toute la compétence qu'on lui connaît, et, depuis, le professeur Wedding, dont le nom fait également autorité en cette matière, a repris le même sujet. Ses essais et des renseignements généraux sur la lampe ont été communiqués à la Société des électriciens de Vienne, par M. Siegmund Saubermann auquel nous empruntons ces détails ainsi qu'au travail de M. Laporte.

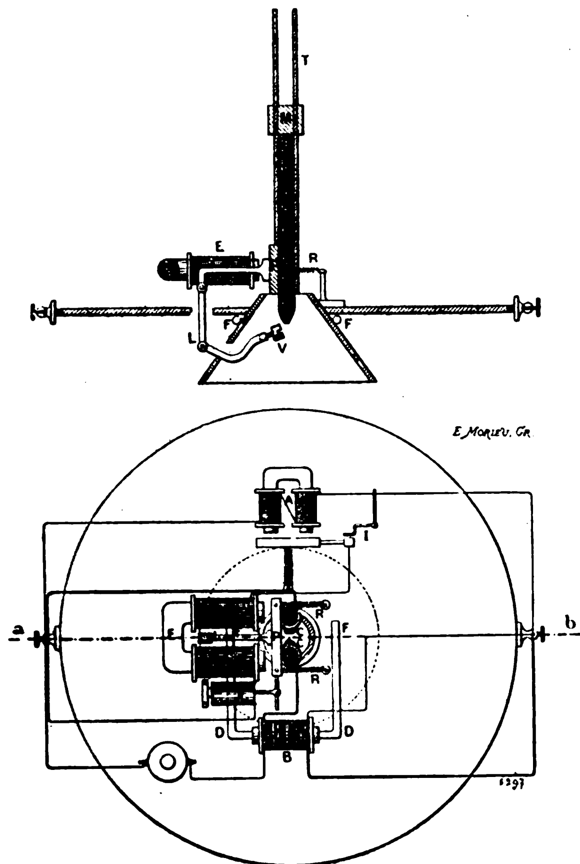


Fig. 1 et 2. — Détails du mécanisme de la lampe Bremer.

Description de la lampe. — Nous citons textuellement le Bulletin (p. 360). « Les deux charbons C,C' (fig. 1 et 2), au lieu d'être placés verticalement dans le prolongement l'un de l'autre, sont également inclinés des deux côtés de la verticale et font entre eux un angle de 20° à 30°. Ils sont guidés par des tubes T dans lesquels ils coulissent, et leur mouvement de descente est assuré par l'action de masses pesantes M qui appuient sur eux en les accompagnant. Une armature P, dont la pression est réglée par des ressorts R, s'applique sur la surface latérale des deux charbons par une ouverture des tubes, sert de frein et les arrête.

Un électro-aimant E, lorsqu'il reçoit le courant, desserre cette armature et les crayons glissent. Il commande en même temps, par l'intermédiaire de leviers articulés L, une sorte de palette V qui vient se placer au sommet de l'angle formé par les deux charbons et qui est rappelée en arrière par l'action des ressorts. Cet organe a pour but, comme on le verra dans la suite, de maintenir toujours dans un même plan horizontal l'extrémité des charbons.

» Un relais A, muni d'un interrupteur I, établit ou coupe le courant dans l'électro-aimant E suivant que la différence de potentiel aux bornes de l'arc est supérieure ou inférieure au régime fixé. Enfin, deux bobines enroulées en sens inverse B, ayant par conséquent une action différentielle (l'une traversée par le courant principal, l'autre par un courant dérivé aux bornes) aimante une armature D terminée par des épanouissements polaires F placés de part et d'autre de l'arc. Le flux magnétique ainsi produit est perpendiculaire au plan des deux charbons et est dirigé de manière à souffler l'arc du côté de leurs pointes. Tous ces organes sont fixés sur un plateau horizontal qui porte un réflecteur conique et qui sert aussi de support au globe.

» *Fonctionnement de la lampe.* — A l'allumage, le relais A, sous l'action de la différence de potentiel totale du réseau d'éclairage, fonctionne et envoie le courant dans l'électro-aimant E. L'armature P est desserrée, les charbons glissent et viennent buter tous les deux sur la palette V qui s'est avancée; ils sont mis ainsi en court-circuit. La différence de potentiel tombe au-dessous de sa valeur normal et fait couper le courant par le relais. Les charbons sont maintenus dans leur nouvelle position, et la palette vivement rappelée en arrière provoque l'allumage de l'arc.

» A ce moment les deux charbons sont très rapprochés l'un de l'autre, et si le réglage électromagnétique n'intervenait pas, l'intensité prendrait une valeur beaucoup trop grande, tandis que la différence de potentiel resterait trop faible. Dans la bobine différentielle B, c'est l'action de l'enroulement monté en série qui prédomine; le champ magnétique est donc très intense au moment de l'allumage. Le courant

principal est très fort, tandis que le flux produit par la bobine en dérivation (qui se retranche) est petit. Le soufflage est donc énergique; il allonge l'arc en lui faisant prendre une courbure prononcée et tend à ramener le régime à sa valeur normale.

» A mesure que les charbons s'usent, la distance entre leurs pointes augmente. L'intensité baisse et la tension croît. Pour ces deux motifs, le champ magnétique diminue : l'arc, moins soufflé, se rapproche de la ligne droite et tend à conserver la même longueur (fig. 3).

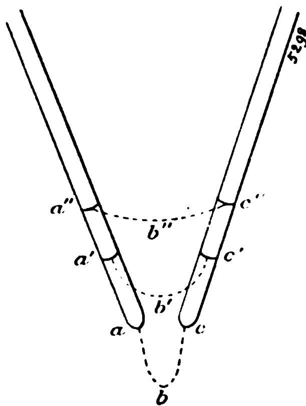


Fig. 3. — Formes successives de l'arc entre les charbons de la lampe Bremer.

» L'arc prendra ainsi une courbure de moins en moins accentuée et les longueurs successives qu'il aura *abc*, *a'b'c'*, *a''b''c''*... seront à peu près égales; il en sera de même des régimes électriques correspondants. Quand le réglage magnétique n'est plus suffisant pour compenser l'usure et que la tension augmente, le relais fonctionne de nouveau, il lance le courant dans l'électro, la palette s'avance, les charbons glissent jusqu'à son contact; elle est rappelée en arrière par la diminution de la tension et la période recommence.

» Grâce au relais, qui permet de mettre brusquement en jeu une force importante, le contact de la palette avec les charbons est de faible durée. L'éclat qui en résulte est court et ne se produit, d'ailleurs, qu'à plusieurs minutes d'intervalle. La température élevée des charbons et les étincelles de rupture seraient néanmoins des causes d'usure et de détérioration pour la palette. Pour n'avoir pas à changer cette pièce, le contact se fait sur la tête d'une vis très facile à remplacer quand elle est dégradée.

» Autour de l'arc est placé un réflecteur conique qui se recouvre rapidement d'une couche blanche pulvérulente diffusant très bien la lumière. Cette poussière provient de la combustion des charbons et doit se composer principalement de magnésie ou encore, d'après Saubermann, de chaux et de silice. La partie supérieure du réflecteur constitue une sorte de réservoir où s'accumule une atmosphère de gaz pauvre en oxygène, qui empêche une usure trop rapide des charbons. Cette considération a une grande importance parce que les charbons imprégnés se consument bien plus vite que les charbons ordinaires homogènes ou à mèche ».

L'ingénieur Bremer attribue les variations d'intensité de l'arc aux variations de volume qu'il éprouve quand il passe de l'état *abc* à l'état *a''b''c''* (fig. 3). Pour lui conserver nne forme à peu près constante, il étrangle en quelque sorte la flamme entre des renflements R et R' en matière réfractaire adaptés à des supports et sur lesquels la flamme vient prendre appui (fig. 4). Ces renflements sont isolés l'un de l'autre, car on sait qu'aux températures élevées tous les corps deviennent bons conducteurs de l'électricité. La matière réfractaire, dont la composition n'est pas divulguée, ne résiste bien à la chaleur de l'arc que parce que la température de ce dernier est considérablement abaissée par la présence des oxydes. Cette manière de soutenir la flamme prévient son entraînement par les gaz chauds.

Nature des charbons. — Les charbons renferment environ 20 à 25 p. 100 de sels de calcium, silicium et magnésium. Ces matières, rendues incandescentes par la haute température de l'arc rayonnent une lumière très intense qui surpasse de beaucoup celle de l'arc ordinaire; bien plus efficaces encore seraient les composés halogènes des métaux du groupe du béryl. D'après l'inventeur, on obtiendrait un résultat réellement supérieur en portant à 50 ou 80 p. 100 la proportion des sels incorporés au charbon; mais alors ceux-ci manquent de consistance et ce grave défaut n'a pas permis de les employer industriellement.

Déjà même des charbons contenant 20 à 30 p. 100 de fluorure de calcium, exigent, pour avoir une consistance suffisante, qu'on les recouvre d'une enveloppe dure, vitrifiée, obtenue en les plongeant dans une mixture formée prin-

cipalement de borax, acide silicique et verre soluble ; au moment de la mise au four, ils sont encore enduits d'une pâte contenant du bore, de la potasse, du chlorure de sodium, divers tartrates et silicate qui jouent le rôle de fondant et empêchent la désagrégation des pointes.

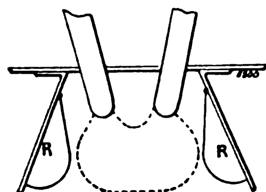


Fig. 4. — Dispositif Bremer pour donner à l'arc une forme constante.

Lumière dans la lampe Bremer. — M. Bremer emploie un charbon positif à mèche de 7 mm de diamètre, et un charbon négatif Siemens, série A, homogène de 6 mm. Le charbon Bremer n'a pas une structure fine et homogène; il laisse voir des soufflures, comme si sa pâte avait été obtenue par fusion. Sa résistivité est plus grande que celle des charbons Siemens A qui ont servi de terme de comparaison ainsi que le montre le tableau suivant :

	Diamètre mm.	Résistivité ohms-centimètre.
Charbon Bremer à mèche . .	6,8	0,0123
Charbon Siemens A à mèche .	7	0,0094
Charbon Siemens A homogène .	6	0,0083

Un gramme de charbon Bremer calciné à l'air donne 0,28 gr de résidus qui se composent principalement de magnésie, d'alumine et de sicile. M. Laporte a placé ces charbons dans la lampe à réglage à la main du lumenmètre afin de déterminer le flux lumineux qu'ils donneraient dans un arc ordinaire. On a obtenu des arcs stables avec un courant de 9 ampères à 24 volts. A 30 volts l'écart est très grand et l'arc flambe ; avec les charbons Siemens A de même diamètre, l'arc se comporte normalement au régime de 9 ampères et de 43 à 45 volts. Etant donnée cette diversité de régime, la comparaison n'a pas pu se faire directement de cette façon là.

La source éclairante, dans la lampe Bremer, présente un volume deux à quatre fois plus considérable que dans les lampes ordinaires, pour une même dépense en watts; c'est ce qui explique son rendement lumineux considérable; bien que son éclat intrinsèque soit certainement inférieur à celui de l'arc ordinaire [1].

Le choix des sels métalliques a une influence marquée sur la coloration de la flamme. M. Bremer s'est étudié à corriger la lumière de l'arc trop blanche, en éliminant le plus possible les radiations bleues et violettes. L'analyse spectroscopique montre, en même temps que le spectre de l'arc et du charbon, les raies rouges et jaunes du potassium, du sodium, du calcium et du silicium. Ces raies sont comprises entre les longueurs d'onde 0,680 et 0,540 microns. Il en résulte, dit M. Laporte, un ton chaud légèrement doré qui peut être comparé à celui des lampes à incandescence un peu poussées [2].

Etude photométrique de la lampe. — I. Expériences de M. Laporte. — La courbe de répartition de la lampe Bremer a été déterminée dans le plan vertical perpendiculaire au plan des charbons.

L'expérience a été faite avec l'appareil à miroir construit pour cet usage et qui a été décrit dans ce journal [3]. L'essai a été conduit comme d'ordinaire en mesurant successivement les intensités lumineuses dans les différentes directions par comparaison avec une lampe à incandescence d'intensité connue.

La courbe de répartition a une forme spéciale (fig. 5) par suite de la position des charbons et de l'action du réflecteur conique. Il faut remarquer, comme nous le disions il y a un instant, qu'elle a été déterminée seulement dans le plan perpendiculaire au plan des charbons. L'intensité moyenne sphérique a été calculée comme si la répartition était la même dans tous les plans

---

(1) Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XXIX, p. LIII, 26 octobre 1901, pour plus de détails sur la constitution de la flamme.

(2) On voit par cette énumération rapide des qualités de la lampe Bremer, qu'elle ne renferme aucun principe nouveau. L'incandescence par l'arc électrique a été appliquée, depuis longtemps déjà, par Clarc et Bureau dans leur lampe qu'ils avaient appelée *lampe-Soleil*. C'est à de la Rive que revient l'idée de disposer les charbons parallèlement côte à côte pour augmenter la longueur de l'arc ; enfin l'action électrodynamique et le soufflage magnétique sont d'une application courante.

(3) E. Laporte. Comparaison de la lampe Carcel et de la lampe Hefner, *Écl. Élect.*, t. XXV, p. 295. — Appareil du laboratoire central d'électricité pour l'étude de la répartition lumineuse des lampes, t. XX, p. 302.

verticaux ; il peut y avoir, de ce fait, une certaine cause d'erreur que nous croyons peu importante, mais que nous tenons à signaler. L'intensité croît assez régulièrement à mesure que l'on s'éloigne de l'horizon ; le maximum a lieu à 20° ou 30° de la verticale. Lorsque la lampe fonctionne sans globe, les mouvements de l'air causent des fluctuations à la flamme et par cela même des variations à l'intensité lumineuse et au régime électrique. Ces irrégularités cessent aussitôt que l'on place le globe.

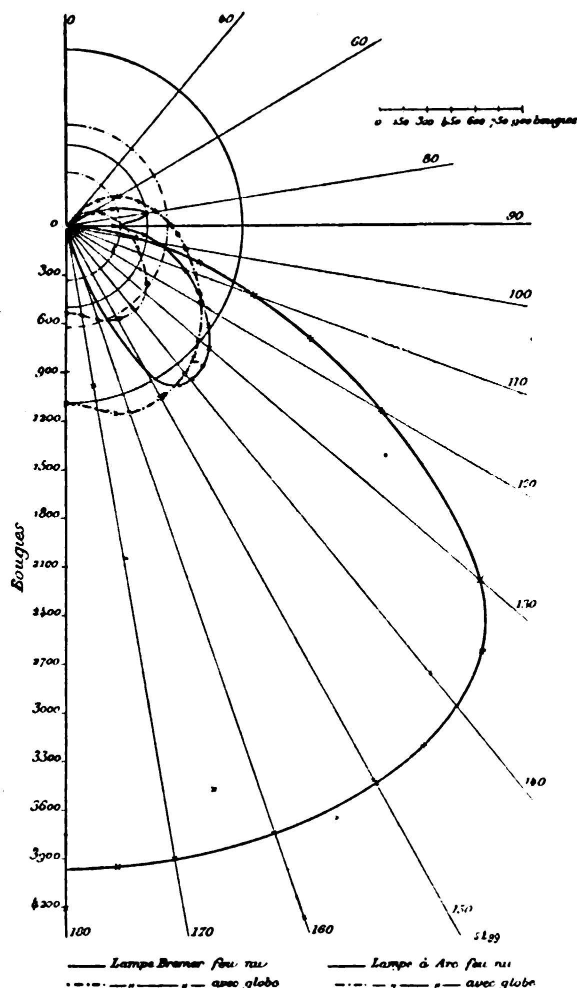


Fig. 5. — Courbes photométriques de la lampe Bremer et de l'arc ordinaire.

La courbe de répartition dans ce cas reste la même comme forme générale. La diffusion du verre opalin envoie cependant une partie notable de la lumière au-dessus de l'horizon, mais comme pour l'arc seul, le maximum de l'intensité lumineuse est obtenu pour une inclinaison de 20° environ avec la verticale.

Pour faire la comparaison avec l'arc ordinaire, on a été amené à faire deux expériences. Dans la première, on a déterminé la courbe de répartition lumineuse d'un arc consommant la même puissance électrique (44 volts, 8 amp.) et muni des charbons que l'on emploie normalement dans l'industrie pour cette intensité, c'est-à-dire positif à âme 12 mm, négatif homogène 8 mm. Cet essai n'a pas semblé suffisant, et ces conditions ont paru par trop défavorables pour la lampe à arc. M. Bremer emploie, en effet, des crayons de très petit diamètre et, par conséquent, un forte densité de courant, et l'on sait que, dans ces conditions, le rendement de l'arc est notablement augmenté. Ses charbons ont 7 mm et 6 mm, et cela sous le régime de 45 volts, 9 ampères. Aussi l'usure par heure est très considérable, 41 mm pour le positif et 49 mm pour le négatif.

On a donc fait fonctionner une lampe à arc ordinaire avec des charbons Siemens A, A_7H_6, et l'on a étudié sa répartition lumineuse pour le même régime. La comparaison est plus juste dans ces conditions, mais il est certain qu'il serait impossible d'admettre en pratique les usures qu'on obtient ainsi de 74,5 mm pour le charbon positif et de 33,5 mm pour le négatif.

La courbe de répartition a été prise également l'arc étant placé dans le globe de la lampe Bremer.

La figure 5 donne les courbes de répartition de la lampe Bremer avec et sans globe et de l'arc ordinaire. Dans l'examen de ces résultats, il ne faut pas oublier que ce sont les zones sphériques voisines de l'horizon qui ont l'influence la plus forte dans le calcul du flux. Aussi, malgré le très grand développement de la courbe de la lampe Bremer, les intensités moyennes sphériques (rayon des circonférences tracées sur la figure) sont proportionnelles aux nombres

Arc Bremer sans globe	Arc ordinaire sans globe	Arc Bremer avec globe	Arc ordinaire avec globe
1	0,47	0,57	0,33

Dans le tableau ci-dessous on a réuni les résultats des mesures. On y trouvera le flux lumineux, les intensités moyennes sphériques et les dépenses spécifiques.

Résumé des expériences photométriques.

Lampe	BREMER sans globe	A MAIN sans globe	BRILLIÉ sans globe	BREMER avec globe	BRILLIÉ avec globe
Charbons positif	BREMER A7	NANTERRE A12	SIEMENS A7	BREMER A7	SIEMENS A7
Charbons négatif	SIEMENS H6	NANTERRE H7	SIEMENS H6	SIEMENS H6	SIEMENS H6
Régime de la lampe.					
Différence de potentiel (volts)	45,2	44	43,3	45,9	43,75
Intensité moyenne (ampères)	9,45	8	8,9	8,75	8,85
Puissance moyenne (watts)	427	352	386	400	386
Flux lumineux (lumens)	13950	4210	6500	8020	4530
Intensité moyenne sphérique (bougies)	1110	355	518	638	361
Intensité moyenne hémisph. inf. (bougies)	2220	584	825	950	590
Flux spécifique (lumens/watts)	32,7	11,95	16,8	20,0	11,7
Watts par bougie sphérique	0,385	1,05	0,746	0,628	1,07
Watts par bougie hémisph. infér.	0,192	0,602		0,421	0,655
Usure par heure en mm.					
Charbon positif	»	»	74,5	41	»
Charbon négatif	»	»	38,5	49	»

On voit donc que par l'emploi d'un charbon spécial et à très basse tension, par la disposition inclinée, des rayons et par le soufflage magnétique de la flamme de l'arc, M. Bremer a obtenu une dépense spécifique très faible.

Le rendement que l'on a trouvé dans les expériences précédentes ne pourra pas être atteint dans la pratique industrielle, la densité du courant dans les charbons étant très supérieure à celle que les conditions d'usure et de remplacement permettent d'employer ordinairement. Cette restriction faite, et sans préjuger en aucune façon des qualités et des inconvénients du système du régulateur, il est cependant certain que la lampe Bremer présente, au point de vue photométrique, un avantage marqué sur l'arc ordinaire.

II. Expériences du professeur W. Wedding. — Elles ont été faites à l'Ecole des Hautes Etudes de Charlottenbourg sur une lampe à courant continu qui fonctionnait à 12,3 ampères, sous 44,4 volts. Pendant tout le cours des essais, les variations d'intensité du courant n'ont pas dépassé 0,3 ampère; celles de la tension, 2,5 volts. La lampe était un des modèles primitifs, par conséquent, dénuée de tous les perfectionnements introduits depuis dans la fabrication; elle n'en a pas moins présenté une marche très régulière. Les intensités lumineuses ont été déterminées sous différentes inclinaisons, mais l'auteur ne spécifie pas dans quel azimuth.

Degrés	Unités Hefner	Degrés	Unités Hefner
0°	991	45,4	6520
6°7	1470	51,1	6250
16°8	3202	55	5410
26°	4060	59,2	7420
32°	6080	65°	6070
36°8	5220	90	6180
42°	6070		

On voit, d'après ce tableau, que le réflecteur conique a pour effet de réfléchir la majeure partie de la lumière vers le sol et produit un éclairage sensiblement uniforme dans un angle d'environ 90° qui aurait son sommet au centre de

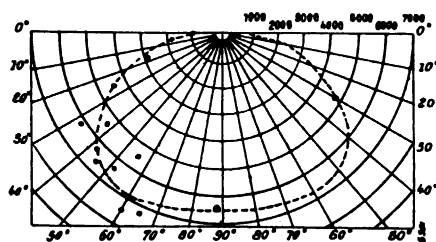


Fig. 6. — Courbe photométrique de la lampe Bremer sans globe, d'après M. W. Wedding.

l'arc. La figure 6 représente la courbe photométrique établie par le professeur Wedding; comme allure, elle est identique à celle de la figure 5 donnée par M. Laporte. Les deux expérimentateurs sont aussi d'accord pour marquer un maxi-

mum d'intensité dans une direction à 20° ou 30°

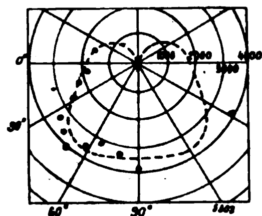


Fig. 7. — Courbe photométrique de la lampe Bremer avec globe, d'après M. W. Wedding.

de la verticale, et une diminution très rapide quand on approche de l'horizontale.

Lampe Bremer avec globe.

HÉMISPHÈRE SUPÉRIEUR		HÉMISPHÈRE INFÉRIEUR	
Degrés	Unités Hefner	Degrés	Unités Hefner
48	497	10,5	1791
32	713	21,2	2133
15,2	1246	30	2782
12	1160	35,2	3440
8,5	1040	43,4	3774
0	1440	51,4	4000
		57,6	3470
		65	3126
		76	3440
		90	3838

Avec le globe, le flux lumineux est considérablement relevé et la répartition meilleure ; mais il y a une absorption considérable. La courbe de la figure 7 rend compte de la distribution de la lumière par une lampe Bremer avec globe. La dépense d'énergie, dans ces expériences, est de $12,3 \times 44,4 = 546$ watts. Si on fait entrer en ligne une perte de 10,6 volts dans les résistances, la dépense totale est de 677 watts. Des données, trop peu nombreuses, de l'original allemand, on peut déduire les consommations spécifiques suivantes :

Lampe Bremer	sans globe.	avec globe.
Puissance moyenne	677	677
Intensité moy. hémisph. inf. .	4320	3000
Watts par boug. hémisph. inf. (Hefner)	0,177	0,253
Watts par boug. hémisph. inf. bougie décimale [1].	0,157	0,226

Ces chiffres diffèrent énormément de ceux indiqués par M. Laporte, à savoir 0,192 et 0,421. Le manque de détails ne permet pas une comparaison entre ces deux séries d'expériences. Le professeur Wedding a établi en même temps qu'avec une lampe ordinaire la dépense par bougie serait de 0,62 watt ; les consommations spécifiques d'une lampe à courant alternatif ordinaire et d'une lampe Bremer sont dans le rapport de 2 à 1.

T. Pausert.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET TECHNIQUES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 1er Septembre 1902.

Électrolyse de mélanges de sels; par **Anatole Leduc**, *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 395-396.

Au début de ses expériences sur l'électrolyse de l'azotate d'argent, dont les résultats ont été récemment communiqués à l'Académie [1], M. Leduc s'est beaucoup préoccupé des impuretés que pouvaient contenir le bain et l'anode destinée à le régénérer [2].

Diverses expériences sur l'électrolyse de mélanges de sels, et notamment celles de G. Wiedemann et de M. Bouty, laissaient supposer que les métaux inférieurs à l'argent dans la classification de Dumas n'auraient qu'une influence très faible ou négligeable, au moins dans certaines conditions [2].

[1] *Écl. élect.*, t. XXXII, p. 372, 6 septembre 1902.

[2] M. Férent, directeur du laboratoire d'essais de la maison Lyon-Allemand, a bien voulu préparer spécialement pour lui la quantité d'argent pur dont M. Leduc avait besoin au départ. L'essai a montré que ce lingot renfermait moins d'un dix-millième d'impuretés. Dans les expériences successives, les anodes étaient formées par le métal recueilli à la cathode dans les opérations précédentes, affiné encore par cela même.

[1] Pour cette dernière colonne, nous avons transformé les bougies Hefner en bougies décimales en multipliant les premières par 0,885, qui est la valeur de l'étalon Hefner en bougie décimale, d'après les expériences de M. Laporte.

[2] Rapport présenté au Congrès international de Physique réuni à Paris en 1900 : *Sur l'équivalent électrochimique de l'argent*, etc.

Pour être bien fixé sur ce point, M. Leduc a réalisé deux séries d'expériences, dans lesquelles il additionnait le bain d'azotate d'argent de quantités croissantes d'azotate de potassium ou de cuivre, de manière que la concentration totale fût à peu près normale (une valence-gramme par litre).

Deux voltamètres identiques, placés en série, recevaient : l'un un bain pur, l'autre le bain impur. S'il se dépose sur la cathode de ce dernier du potassium ou du cuivre, chaque gramme de ceux-ci prend la place de 3 gr environ d'argent : la pesée accusera donc un déficit de 2 gr. D'autre part, chaque gramme de potassium réagissant secondairement sur l'eau donnera lieu à un déficit de 3 gr environ.

Voici les résultats obtenus avec des cathodes de 100 cm^2 et des anodes de 18 cm^2 :

1° *Addition d'azotate de potassium.* — Que la concentration en azotate de potassium soit 0,05 normale ou demi-normale avec un courant voisin de 1 ampère, on n'a observé qu'un déficit insignifiant : 1 dix-millième tout au plus.

Enfin, avec un bain 0,9 normal en potassium et par suite décinormal en argent, et un courant de 1 ampère, le dépôt est spongieux et ne peut être pesé avec précision ; mais si l'on réduit le courant à 0,5 ampère le dépôt redevient cristallin et le déficit est encore inférieur à 1 dix-millième.

Il faut en conclure que le potassium libéré par l'électrolyse réagit complètement et uniquement sur l'azotate d'argent.

2° *Addition d'azotate de cuivre.* — Les résultats sont à peu près les mêmes, tant que la concentration en cuivre ne dépasse pas la décinormale. Dans ce dernier cas, avec un courant de 1 ampère, la différence des dépôts n'atteint que 1 mmgr sur 27 gr.

Avec un bain demi-normal en cuivre et en argent, et un courant de 0,5 ampère seulement, cette différence n'a pas atteint 2 dix-millièmes

Conclusion. — « On voit, dit M. Leduc, qu'il n'y a pas lieu de se préoccuper outre mesure des quelques millièmes d'impuretés que peut renfermer l'argent considéré comme pur dans le commerce, lorsqu'elles sont constituées par les métaux inférieurs à l'argent dans la classification de Dumas. La présence des métaux supérieure serait plus fâcheuse. Mais leur proportion n'est jamais très élevée, et leurs équivalents électrochimiques ne diffèrent généralement pas beaucoup de celui de l'argent ; enfin surtout, en raison de ce qui précède, ces métaux seront éliminés du bain dès les premières opérations où ils seront employés. »

Séance du 15 Septembre 1902.

Sur les différences de potentiel au contact; par **Pierre Boley**, *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 454-456.

L'auteur signale une classe de piles qui semblent pouvoir fournir la valeur du contact électrique de deux métaux.

Associons, en effet, les amalgames saturés des deux métaux considérés avec deux électrolytes convenablement choisis. Dans la chaîne amalgame M | liquide L | liquide L' | amalgame M', ainsi constituée, la différence de potentiel totale E en circuit ouvert est la somme des contacts électriques, ou symboliquement

$$E = M \mid L + L \mid L' + L' \mid M' + M' \mid M,$$

d'où, pour le contact des deux amalgames,

$$M' \mid M = E - [M \mid L + L \mid L' + L' \mid M'].$$

On simplifie la mesure en rendant L | L' négligeable par le choix des électrolytes L et L', de sorte qu'il reste

$$M' \mid M = E - [M \mid L + L' \mid M']. \qquad (1)$$

Pour avoir un contact L | L' négligeable, on forme les liquides L et L' avec deux solutions identiques du même acide, et, à l'exemple de Rothmund et de Meyer [1], chacune de ces solutions est additionnée d'une trace du sel du même anion du métal adjacent, pour donner des contacts M | L bien définis. Ainsi, on prend pour L une solution normale de SO^4H^2 additionnée de SO^4M à la concentration $\frac{1}{100}$ normale ; de même, pour L', une solution normale de SO^4H^2 additionnée de SO^4M' à la concentration $\frac{1}{100}$ normale. Au cas où un sulfate est presque insoluble, on en sature la solution d'acide sulfurique. La formule classique de Planck sur le contact des mélanges d'électrolytes indique pour les différences de potentiel au

[1] *Zeitschrift*, t. XV, 1894, et *Wied. Ann.*, t. LVI, 1895.

contact des liquides précédents des valeurs inférieures à un millivolt.

E se mesure à l'électromètre, par la méthode habituelle de compensation. M | L et L' | M' se déterminent par la méthode du maximum de tension superficielle, avec un électromètre capillaire, qui, pour les amalgames saturés, doit être construit avec une pointe peu capillaire. J'obtiens satisfaction avec un électromètre vertical, dont la pointe a un diamètre minimum de 0,25 mm et se rapproche de la forme hyperboloïdale qui correspond à l'équilibre indifférent du ménisque, c'est-à-dire à une sensibilité infinie [1]. Cet instrument, qui soutient seulement environ 2,7 cm² d'amalgame, a une sensibilité de $\frac{1}{10^5}$ volt avec le mode ordinaire d'emploi et il accuse moins de $\frac{1}{10^4}$ volt avec les divers amalgames, à condition de viser le ménisque sous un grossissement de 840. Il est associé à un manomètre à eau, donnant $\frac{1}{100}$ de millimètre.

L'auteur a étudié provisoirement les piles formées d'amalgames de métaux usuels associés à l'acide sulfurique ; les contacts de ces amalgames entre eux sont de quelques millivots, valeurs qui sont de l'ordre des erreurs d'expérience. Pour le contact argent-mercure, la disposition est plus simple et la mesure plus nette, car la pile employée n'a qu'un liquide ; la chaîne est amalg. : Ag | SO^4H^2 normal + SO^4Hg^2 en excès | Hg. On observe que

$$E = +\ 0{,}002 \text{ volt}, \quad M \mid L = +\ 0{,}926 \text{ volt}, \quad L \mid M' = -\ 0{,}925 \text{ volt},$$

d'où, d'après (1),

$$M' \mid M = +\ 0{,}001 \text{ volt}.$$

Cette valeur est inférieure aux erreurs expérimentales possibles ; donc, si le contact de ces métaux est certainement de l'ordre du millivolt, sa valeur absolue ne sera connue que par des mesures beaucoup plus précises que celles qu'on sait faire actuellement.

Sur la résistance électrique des corps peu conducteurs aux très basses températures ; par **Edmond van Aubel**, *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 456-457.

On sait que la résistivité électrique des métaux et des alliages aux très basses températures, mesurée par MM. Dewar et Fleming et par M. d'Arsonval, diminue considérablement à mesure que l'on s'approche du zéro absolu des températures. Il a semblé utile à l'auteur d'examiner comment varie aux très basses températures la résistance électrique des corps peu conducteurs, tels que certains sulfures et oxydes, dont la conductibilité électrique augmente par une élévation de la température, entre 0° et + 100°C [1].

M. van Aubel a étudié un échantillon de pyrite FeS^2 très homogène, qui avait été fourni par M. le Dr Krantz, de Bonn. Ce sulfure avait été taillé sous la forme d'un prisme ayant une section de 3,93 mm² × 3,98 mm² environ. Celui-ci était fixé dans des pinces en laiton ; la résistance électrique était mesurée à l'aide du pont de Wheatstone.

Pour réaliser les températures + 19° C. et au-dessus, on a placé la tige de pyrite dans un bain d'huile. La température — 75°,5 était produite par le mélange d'éther et de neige d'acide carbonique, convenablement protégé contre les absorptions de chaleur. En agitant constamment ce liquide, on a observé également à des températures comprises entre — 75° et — 20°. Celles-ci étaient mesurées au moyen du thermomètre à toluol étalonné à l'Institut physico-technique de Charlottenbourg-Berlin. Enfin, les expériences ont été faites encore dans l'air liquide contenu dans un vase argenté, à doubles parois et cylindrique, d'après Dewar. Un thermomètre au pentane commercial, construit par C. Richter de Berlin, sur les indications de Rudolf Rothe, et étalonné aussi à l'Institut de Charlottenbourg, donnait la température du bain d'air liquide [2].

Voici les résultats des mesures des résistivités, dans l'ordre où ils ont été obtenus :

Températures. °C	Résistances électriques du prisme, en ohms.
+ 20,0	10,96
+ 42,75	9,45
+ 60,3	8,48
+ 30,8	10,18

[1] *Bull. Soc. sc. et méd. de l'Ouest*, t. XI, 1902.

[1] Au sujet de la résistivité des sulfures métalliques aux températures élevées, voir J. Guinchant, *Comptes rendus*, séance du 26 mai 1902, p. 1224.

[2] *Zeitschrift für Instrumentenkunde*, juin 1902, p. 192.

Températures	Résistances électriques du prisme, en ohms.
— 75,2	23,41
— 61,3	21,18
— 40,6	17,72
— 24,3	15,60
+ 18,9	11,27
— 181	74.20
3 jours après : + 20,1	11,23

La résistivité de la pyrite est donc 1,513 ohm-centimètre à la température de + 20° C. Elle augmente toujours notablement à mesure que la température devient plus basse, mais, dans l'air liquide, la pyrite conduit encore l'électricité.

Si l'on trace la courbe qui exprime la variation de la résistance électrique avec la température, on trouve que la quantité $\frac{\Delta R}{\Delta t}$ est d'autant plus grande que l'on s'approche davantage du zéro absolu. Enfin après avoir été refroidi dans l'air liquide, le sulfure a repris à peu près sa résistance électrique primitive à + 20°,1.

Des expériences, relatives aux sulfures de plomb et d'argent fondus, et au sulfure de cuivre, sont actuellement en cours d'exécution.

A propos de la note de Th. Tommasina, sur le mode de formation des rayons cathodiques et des rayons de Rœntgen, par **Jules Semenov**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 457-458.

Pour vérifier les conclusions énoncées dans une note de M. Semenov [1] sur la production des rayons X, M. Tommasina a entrepris une série d'expériences dont les résultats, publiés récemment[2], seraient en désaccord avec les siens.

M. Semenov avait dit que l'anticathode n'émet des rayons X que si elle porte une charge électrique ; que, reliée au sol, elle n'engendre presque pas de ces rayons. Il admet donc que la présence d'une charge électrique sur la surface exposée aux rayons cathodiques constitue une condition nécessaire à la production des rayons X. M. Th. Tommasina trouve que *la réflexion diffuse du flux anodique seule est suffisante pour donner naissance aux rayons cathodiques et aux rayons de Rœntgen, et que le phénomène a lieu même avec l'anticathode reliée au sol.*

Dans les expériences de M. Th. Tommasina, la cathode d'un tube bianodique était reliée, par l'intermédiaire d'une décharge sur l'eau, au pôle positif d'une bobine d'induction, l'anode et l'anticathode se trouvant en communication avec le sol. Dans ces conditions, le tube fonctionne pour ainsi dire à l'envers, la cathode faisant office d'anode et l'anticathode étant transformée en cathode. « Bien que cette dernière soit, d'une façon ou d'une autre, reliée au sol, elle porte toujours, dit M. Semenov, une charge électrique suffisante pour se manifester par une petite étincelle lorsqu'on approche le doigt de la tige émergeant du tube. Cette anticathode se comporte donc comme une cathode ordinaire dans un tube fonctionnant dans les conditions habituelles. Aussi, est-il naturel qu'elle émette des rayons cathodiques et des rayons X. Si, par contre, le tube bianodique fonctionne comme d'habitude, c'est l'anticathode reliée à l'anode qui émet le plus de rayons X, bien qu'elle se trouve en dehors de l'action du flux anodique. En revanche, elle reçoit le flux cathodique qui provoque l'émission des rayons Rœntgen. Mais, je le répète, la condition nécessaire à la production de ce phénomène est la présence d'une charge électrique sur la surface d'émission. En eût-il été autrement, MM. J. Perrin et J.-J. Thomson ne se seraient pas trouvés en mesure de constater le transport d'électricité négative par les rayons cathodiques. En effet, si, dans leurs expériences, les rayons cathodiques, en pénétrant à l'intérieur d'un système de cylindres isolés, avaient déterminé dans ce système la production des rayons X, la charge des rayons cathodiques ne se serait pas accumulée sur le cylindre intérieur ; il eût donc été impossible de l'y déceler.

Séance du 22 Septembre 1902

Préparation au four électrique d'un nouveau siliciure de cobalt **Si^2Co**, par **P. Lebeau.** *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 475-477.

On connaissait déjà deux siliciures de cobalt : l'un, répondant à la formule $SiCo^2$ décrit il y a quelques années par M. Vigouroux [1], l'autre, de formule Si Co proposé et étudié par M. Lebeau [2]. Comme le fer donne avec le silicium trois composés de formules $SiFe^2$, Si Fe, Si^2Fe, M. Lebeau a pensé qu'il devait exister un troisième siliciure de cobalt de formule Si^2Co. Un tel composé prend en effet naissance lorsqu'on

(1) *Comptes rendus*, t. CXXXIII, 1901, p. 217.
(2) *Comptes rendus*, t. CXXXV, 1902, p. 319.

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. XII, p. 153, 1897.
(2) *Écl. Élect.*, t. XXVI, p. 424, 16 mars 1901.

chauffe le cobalt en présence d'un excès de silicium fondu ou quand on soumet à l'action du four électrique un mélange de siliciure de cuivre, de cobalt et de silicium ; dans ce dernier cas [1], le composé est mieux cristallisé et plus facile à purifier.

Sur le pouvoir calorifique de la houille, par **Goutal**, *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 477-479.

La détermination du pouvoir calorifique de la houille se fait, soit à l'aide de calorimètres perfectionnés dont le plus répandu dans la pratique industrielle est l'obus Mahler [2], dérivé de la bombe calorimétrique de M. Berthelot, soit par l'emploi de formules empiriques utilisant les chiffres fournis par l'analyse élémentaire [3] ou par des essais chimiques spéciaux [4]. Les mesures calorimétriques faites au moyen de l'obus Mahler ont souvent montré à l'auteur de grands écarts entre les pouvoirs calorifiques réels et les pouvoirs calorifiques calculés à l'aide de formules proposées jusqu'à ce jour ; aussi a-t-il abandonné successivement toutes ces formules comme inexactes ou basées sur des déterminations délicates et compliquées.

Cependant la fixation, par simple calcul, du pouvoir calorifique d'un charbon présentant un certain intérêt industriel, M. Goutal a cherché à établir une relation entre ce pouvoir calorifique et les résultats fournis par l'essai des combustibles, tel qu'il se pratique habituellement, c'est-à-dire par calcination, incinération et dessiccation, pour déterminer le carbone fixe, les matières volatiles, les cendres et l'humidité. C'est cette relation que l'auteur indique dans sa note [1].

« La distillation de la houille étant représentée par une réaction complexe très peu exothermique et n'entraînant, par conséquent, qu'une faible perte des calories disponibles [2], la courbe représentative de a, qui donne, à poids constant, le pouvoir calorifique a des matières volatiles V', permet de constater que ce pouvoir calorifique décroît régulièrement en allant de l'anthracite au lignite.

Observons encore que le pouvoir calorifique des anthracites purs est, en moyenne, de 8 250 calories ; que celui des houilles anthraciteuses ($V' = 5$ à 10 p. 100) est de 8 550 calories et qu'il atteint un maximum, 8 700 calories, pour les charbons dont V' est compris entre 10 et 30 p. 100. Le pouvoir calorifique des houilles augmente donc à mesure que décroît celui de leurs matières volatiles, jusqu'à la teneur limite de 30 p. 100, à partir de laquelle le pouvoir calorifique des combustibles naturels et celui de leurs matières volatiles diminuent concurremment. »

(1) La préparation doit être effectuée de la façon suivante : On place dans un creuset de charbon 200 gr de siliciure de cuivre, 20 gr de cobalt et 30 gr de silicium cristallisé. Ce creuset est ensuite porté dans le four électrique, où on le maintient 5 à 6 minutes, le courant étant de 900 ampères sous 45 à 50 volts. Le culot métallique ainsi obtenu se brise facilement, sa cassure est d'un gris bleu foncé. On le pulvérise grossièrement et on le traite successivement par l'acide azotique et par la lessive de soude, en ayant soin de laver à l'eau après l'action de chaque réactif. Ces traitements alternés sont continués jusqu'à ce que l'acide azotique n'enlève plus de métal. Le résidu pulvérulent et cristallin est alors additionné d'acide chlorhydrique étendu de son volume d'eau à la température du bain-marie. Ce réactif dissout le siliciure SiCo, qui se forme toujours dans cette préparation en petite quantité. Le siliciure Si^2Co est à peu près inattaquable dans ces conditions. Le produit est enfin lavé à l'eau et séché à l'étuve.

(2) *Comptes rendus*, 30 novembre 1891.

(3) Formules du Dulong, Scheurer-Kestner, Cornut, Ser, Gmelin, etc.

(4) Essai à la litharge de Berthier.

(1) « Après avoir étudié plus de six cents échantillons de houilles d'origines diverses, nous avons pu, dit M. Goutal nous convaincre que les résultats sont représentés d'une manière très approchée par la formule suivante :

$$P = 82\,C + aV.$$

» Dans cette formule, P représente le pouvoir calorifique cherché, C la proportion en centièmes du carbone fixe, V celle des matières volatiles et a un multiplicateur variable, fonction de la teneur en matières volatiles V' du combustible supposé pur, c'est-à-dire sans eau ni cendres $\left(V' = 100\,\frac{V}{C+V}\right)$.

» Pour fixer expérimentalement la valeur du coefficient a dans le cas des différents combustibles, nous avons tracé une courbe représentative résultant de nos nombreux essais. Cette courbe est construite en prenant pour abscisses les teneurs en matières volatiles V' et pour ordonnées les valeurs correspondantes de a, déduites des combustions calorimétriques.

» Pour les teneurs en matières volatiles de

5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 38 et 40 p. 100

le coefficient a prend successivement les valeurs

145, 130, 117, 109, 103, 98, 94, 85 et 80 calories.

» Dans le cas des anthracites, a est représenté par une constante égale à 100 calories et la formule devient $P = 82C + 100\,V$.

» En calculant ainsi le pouvoir calorifique d'une houille, l'erreur d'appréciation dépasse rarement 1 p. 100 de la valeur réelle ; elle est exceptionnellement supérieure à 2 p. 100 pour quelques anthracites et quelques houilles ligniteuses dont le calorimètre seul permet l'étude. »

(2) Mahler, *Comptes rendus*, 14 décembre 1891.

Le Gérant : C. NAUD

Tome XXXIII. Samedi 11 octobre 1902. 9e Année. — N° 41.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

APPLICATIONS MÉCANIQUES DE L'ÉLECTRICITÉ [1]

L'un des grands avantages des appareils de levage électriques, est, comme le savent nos lecteurs, l'extrême souplesse avec laquelle ils se prêtent aux dispositions et aux adaptations les plus diverses; cette souplesse et la facilité des manœuvres sont considérablement accrues par l'emploi, dans un même appareil, de moteurs susceptibles d'une régulation indépendante de la vitesse, et il est souvent utile de pouvoir, en outre, commander ces moteurs par un manipulateur unique; tel est l'objet du contrôleur de la Compagnie Thomson-Houston représenté par les figures 13 à 19.

En figure 13, A est la charge qu'il s'agit d'élever par le moyen de câbles BB_1, agissant par l'intermédiaire d'une poulie B_2. K est le contrôleur et C, C_1 sont les conducteurs reliant le contrôleur aux moteurs M_1, M_2; Q est une bande de fer protégeant le bord de l'ouverture à travers laquelle la poutre A est élevée.

Dans la figure 14, D est la partie supérieure ou couvercle du contrôleur et supporte les manivelles, leurs arrêts et les secteurs indiquant les diverses positions. E est la manivelle du commutateur inverseur RS (fig. 15). E_1 figure le secteur et les arrêts correspondant à E.

Ce couvercle porte aussi les deux manivelles F_1, F_2, l'une montée sur l'autre, comme il apparaît plus clairement dans la figure 16. Chacune de ces manivelles travaille sur un secteur à crans G_1, G_2, et ces deux secteurs sont également disposés l'un au-dessus de l'autre. Des arrêts H H_1 limitent le mouvement des manivelles F_1, F_2.

[1] Voir *L'Éclairage Électrique* du 5 octobre, page 5.

Les figures 15 et 16 montrent que la manivelle F_1 commande, par l'intermédiaire de l'arbre X, une roue dentée L_3, qui engrène avec le pignon L_1, et commande le cylindre de

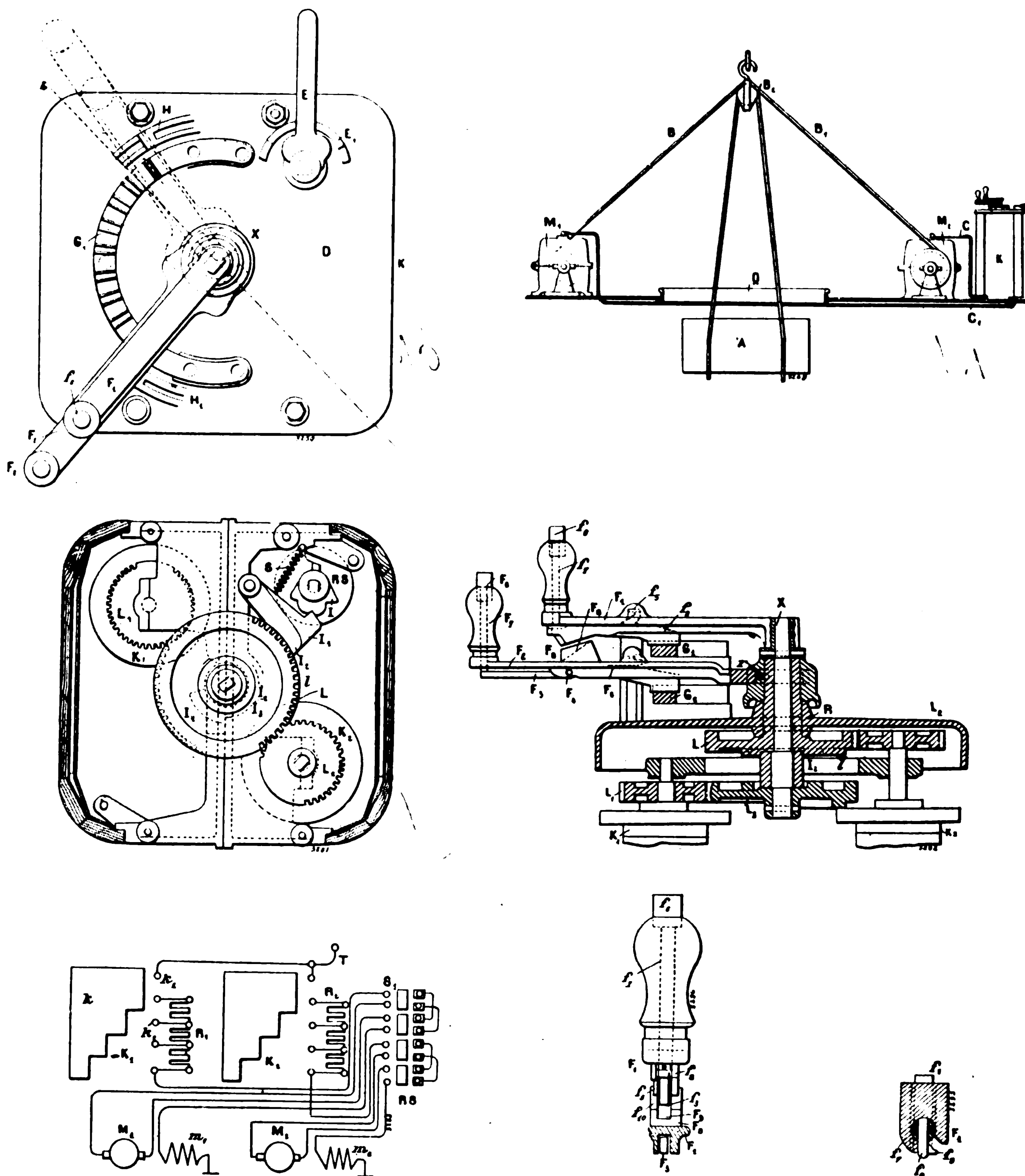


Fig. 13 à 19. — Contrôleur de la Compagnie Thomson-Houston pour moteur commandant des appareils de levage électriques.

contrôleur K_1. La manivelle F_2 est rendue solidaire par la vis r de la pièce R, qui communique son mouvement, par la roue L et le pignon L_2, au second cylindre de contrôleur K_2.

En résumé, la manivelle E commande le commutateur inverseur RS, figure 17 et les manivelles F_1 et F_2 agissant respectivement sur les contrôleurs K_1 et K_2.

La figure 17 montre que le courant d'alimentation, arrivant en T, se divise, une partie arrive au contact K_1 du contrôleur. Dans la position figurée, le circuit est ouvert en ce point ; mais en déplaçant la pièce K vers la droite, la connexion se fait entre les contacts K_1 et K_2 ; ceci permet au courant de circuler du point d'arrivée T à K_1 puis à K_2, à la résistance R_1 et au contact S_1 de l'inverseur RS : de là, le courant atteint l'armature M_1 du moteur, le champ magnétique M et s'écoule dans le sol.

Fig. 20 à 26. — Grue à volée tournante équilibrée du port de Kiel, construite par Benrather de Düsseldorf.

Il est évident que, en déplaçant de plus en plus la pièce du contact K vers la droite, la résistance R_1 sera progressivement mise hors circuit, et que le sens dans lequel le courant passe dans l'armature et dans les inducteurs du moteur dépend de la position de l'inverseur RS. Il est aussi apparent que le contrôleur K_2 (fig. 16) sert à gouverner le moteur M_2 par le moyen de la résistance R_2 d'une façon exactement analogue à celle qui vient d'être décrite et que le seul inverseur RS suffit pour renverser l'un et l'autre moteur.

Passant maintenant aux détails de construction, le bras de la manivelle F_2 porte sur sa face inférieure une barre F_3, pivotant en F_4 et normalement maintenue dans la position indiquée sur la figure par un ressort. Un bouton F_6, agissant par l'intermédiaire d'une tige 7, sert à déterminer une légère pression qui permet à la barre F_3 d'effectuer un léger mouvement de son axe quand il en est besoin.

On voit donc que, normalement, l'extrémité de F_3 est engagée dans le secteur G_2, ce qui immobilise la manivelle F_2 qui commande le contrôleur K_2, mais que cette manivelle peut être dégagée en exerçant une pression sur le bouton F_6.

La manivelle F_1 est pareillement pourvue d'une barre f_2, pivotant en f_4 et actionnée par

un ressort f_0. L'extrémité de la barre f_3 s'engage dans le secteur G et est susceptible d'en être dégagée par l'action du bouton f_6, s'exerçant par l'intermédiaire de la tige f_7.

En se reportant aux figures 18 et 19, on voit que la tige f_7 porte un ergot f_8 qui peut se déplacer dans un logement à baïonnette. Quand le bouton f_6 est simplement pressé jusqu'à ce que l'ergot f_8 vienne porter contre le bras de son logement f_9, la barre f_5 est sollicitée à tourner autour de son pivot f_4 d'une quantité suffisante pour se dégager du secteur G_1 ; il est donc apparent que le contrôleur K_1 peut être mis en action par la manivelle F_1 dès que bouton f_6 est pressé.

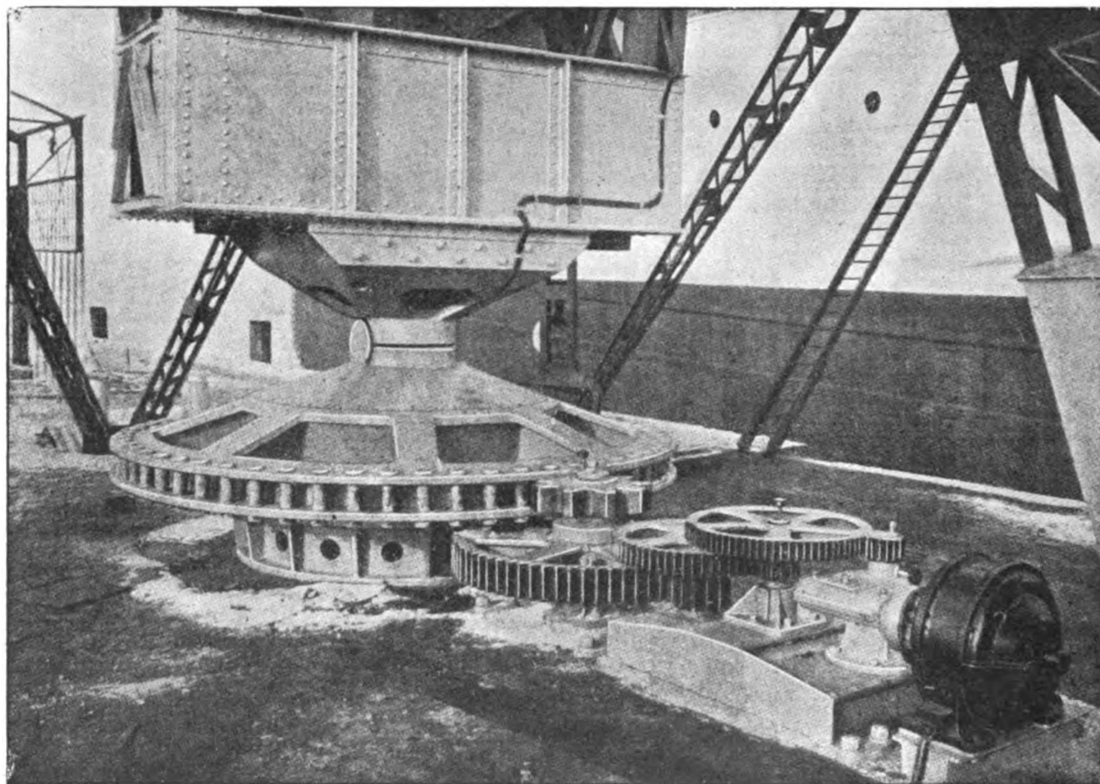


Fig. 27. — Détail du pivotement de la grande grue de Benrather.

Mais il est utile de pouvoir conduire les deux contrôleurs à l'aide d'une seule manivelle. A cet effet, le bras F_2 porte à sa partie supérieure une projection F_6, dans laquelle est pratiquée une rainure ou logement F_9 (fig. 18). Cette rainure est susceptible de recevoir la partie inférieure de la barre f_3. La commande simultanée des deux contrôleurs est alors réalisée en pressant sur le bouton f_6, jusqu'à ce que l'ergot f_8 vienne toucher le fond du logement f^9, donnant alors au bouton une légère rotation à gauche et pressant plus fort sur le bouton. Ceci entraîne la barre f_3 à descendre suffisamment pour venir s'engager dans le logement F_9, et rend les deux contrôleurs solidaires aussi longtemps que le bouton f_6 est pressé. Si on désire les maintenir d'une façon permanente dans cette dépendance, il suffit de faire subir au bouton f_6 une nouvelle et légère rotation à gauche de manière que la cheville f_8 vienne s'engager sous la saillie f_{10} du logement à baïonnette.

Les contrôleurs et l'inverseur sont tenus dans une certaine dépendance à l'aide du mécanisme suivant. L'examen des figures 15 et 16 montre qu'une came I est montée sur l'arbre

de l'inverseur RS. Deux doigts I_1, I_2 régidement connectés et disposés pour tourner autour du même axe, sont sollicités par le ressort S. La roue d'engrenages L est munie d'un arrêt à segment I. En outre, cette roue est pourvue de deux arrêts I_1, I_2 qui peuvent engager un ergot fixe I_3. On voit que, lorsque le doigt I_2 est dans la position signée, l'arrêt I_1 empêche une rotation vers la gauche de la roue L, tandis que l'arrêt I du doigt I_2 prévient la rotation vers la droite. Une disposition analogue est prévue pour la roue L_3 et est sous la dépendance du doigt inférieur I_1.

Quand l'inverseur est dans la position figurée, les deux contrôleurs sont immobilisés; mais, si l'inverseur est tourné indifféremment à droite ou à gauche, le ressort S rétracte les doigts I_1, I_2 et les roues L_3, L deviennent libres de tourner. D'autre part, le segment I sur la roue L ou le segment correspondant sur la roue L_3, à un mouvement de l'une ou l'autre de ces roues, immobiliseront le doigt I_1 I_2 et l'inverseur RS.

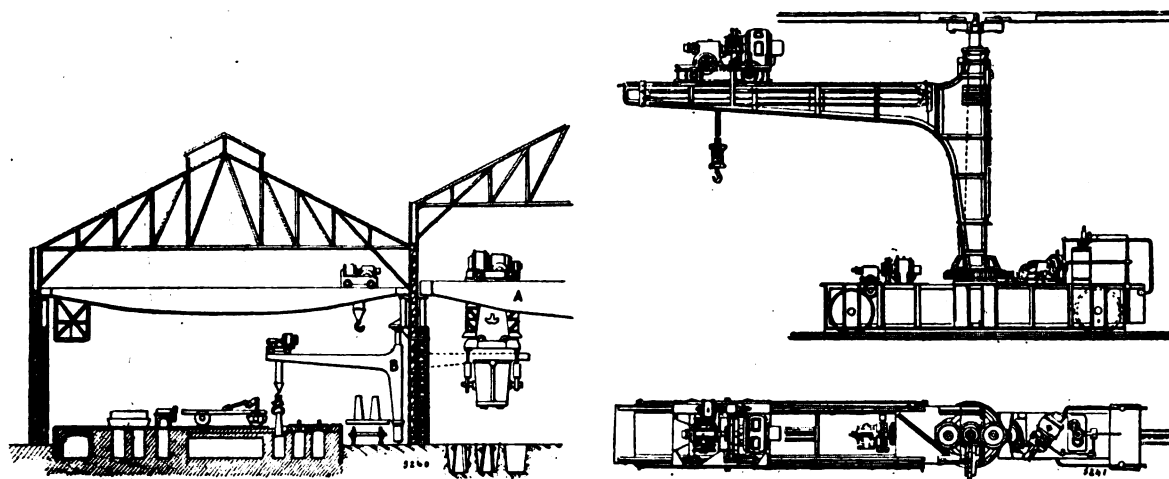


Fig. 28 à 30. — Application des grues électriques à la manutention des creusets.

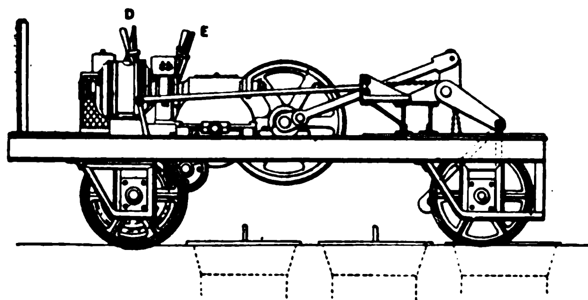
Cette remarquable adaptabilité des grues électriques aux fonctions et aux puissances les plus diverses pourrait être facilement illustrée par un grand nombre d'exemples; en voici quelques-uns seulement, choisis parmi les plus récents.

La grande grue à volée tournante équilibrée du port de Kiel, construite par Benrather, à Dusseldorf, a 47,15 m de haut (fig. 20 à 27) 44,80 m de volée, 13 m de côté à la base; charge maxima 150 tonnes; charge d'essai 200 tonnes. Le pivot central roule sur un cercle de galets de 2,20 m de diamètre; les galets, au nombre de 35, de 180 mm de diamètre sur 250 mm de long, en acier trempé et coniques, roulent dans un bain d'huile; la pression maxima sur ce cercle de galets est de 530 tonnes; la composante horizontale maxima sur le haut du beffroi est de 98 tonnes. Le pivotement est commandé (fig. 27) par un pignon de 5 m de diamètre, reposant sur les galets, et qui reçoit la charge du pilier central par une sorte de tournevis permettant à ce pilier de flancher légèrement sans tendre à désaxer le roulement des galets; la dynamo qui commande ce pivotement marche à 550 tours, fait 26 chevaux, et attaque le pignon des galets par vis sans fin en bain d'huile avec une réduction de 4 000.

La translation du chariot sur la volée se fait par une dynamo de 26 chevaux, aussi à 550 tours et en série, avec réduction de 175 par vis sans fin; vitesse de la translation 0,15 m par seconde. Le chariot est porté par quatre paires de roues sur deux paires de rails.

La levée est commandée par deux dynamos de 17,5 chevaux, chacune, à 450 tours, avec deux treuils conjugués de 1,20 m de diamètre. Ces deux dynamos sont reliées en parallèle, et leurs axes sont conjugués par un pignon de manière à n'en former qu'un; le câble est tendu sur les treuils par un contrepoids mobile dans le pilier central. La levée est à quatre vitesses : 15 mm par seconde pour 150 tonnes et 0,12 m pour une charge de 18 tonnes. Poids total de la grue 475 tonnes.

Il y a quelques années à peine, de pareilles puissances paraissaient réservées presque



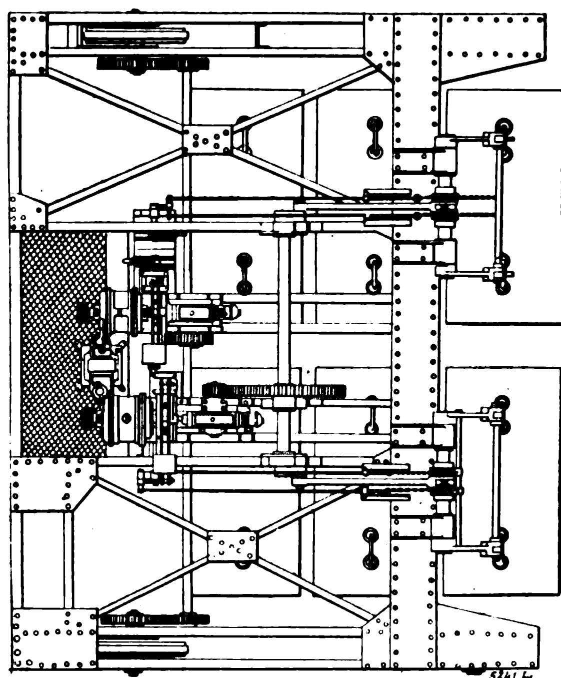


Fig. 31 et 32. — Chariot électrique appliqué à la manutention des couvercles de creusets.

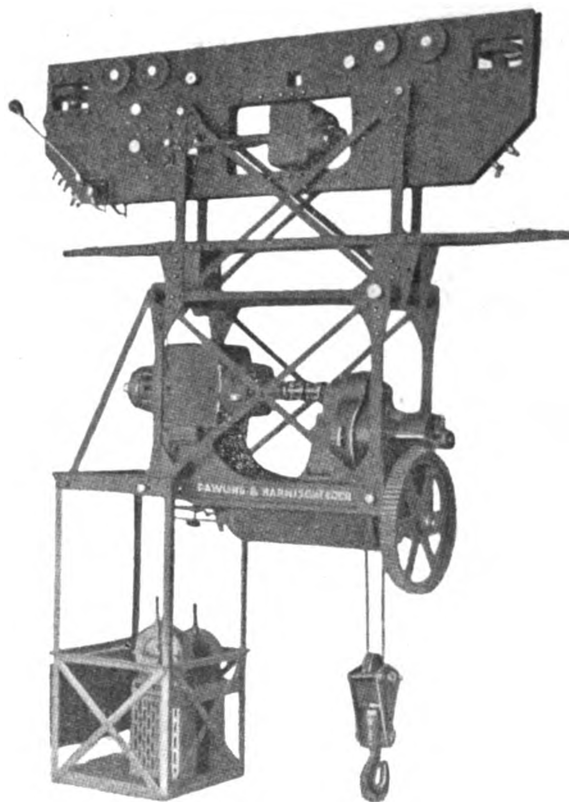


Fig. 33. — Treuil roulant de la Compagnie de constructions maritimes de New-York.

exclusivement aux grues hydrauliques; actuellement ces grues sont remplacées par des appareils électriques jusque dans les forges et aciéries, comme le démontrent les figures 28 à 32. Le pont roulant A (fig. 28 à 30) enlève des creusets de 40 tonnes, supportés par deux chaînes et guidés latéralement par deux supports verticaux fixés au pont de manière qu'ils ne puissent osciller et se manient en pleine sécurité. Les petites charges, jusqu'à 6 tonnes sont manipulées par un cabestan électrique auxiliaire et rapide attaché au pont.

Les lingots CCC sont sortis par une grue radiale roulante B, avec bras porteur d'un chariot électrique pouvant lever 35 tonnes, tournant autour d'un axe vertical traversé par les fils, et couvrant ainsi un cercle de 13 m de diamètre; la translation de la grue, son

pivotement, la translation et la levée du chariot sont commandés par autant de dynamos gouvernées par un contrôleur universel.

La manutention des couvercles des fours CCC, de 1 500 kg chacun, s'effectue par un chariot électrique (fig. 31 et 32) au moyen de paires de crochets commandés par les manettes D et E, de manière à permettre d'enlever à volonté un ou deux de ces couvercles. La levée et la translation sont commandées, à part ou simultanément, par deux dynamos.

Un pont roulant de 7,5 tonnes sert d'auxiliaire à la grue roulante.

Les vitesses sont très rapides : 100 m par minute pour les translations et 15 m pour les levées.

Comme exemple de la souplesse d'adaptabilité des appareils électriques, nous citerons le petit treuil roulant représenté par la figure 33, destiné à passer dans l'espace étroit

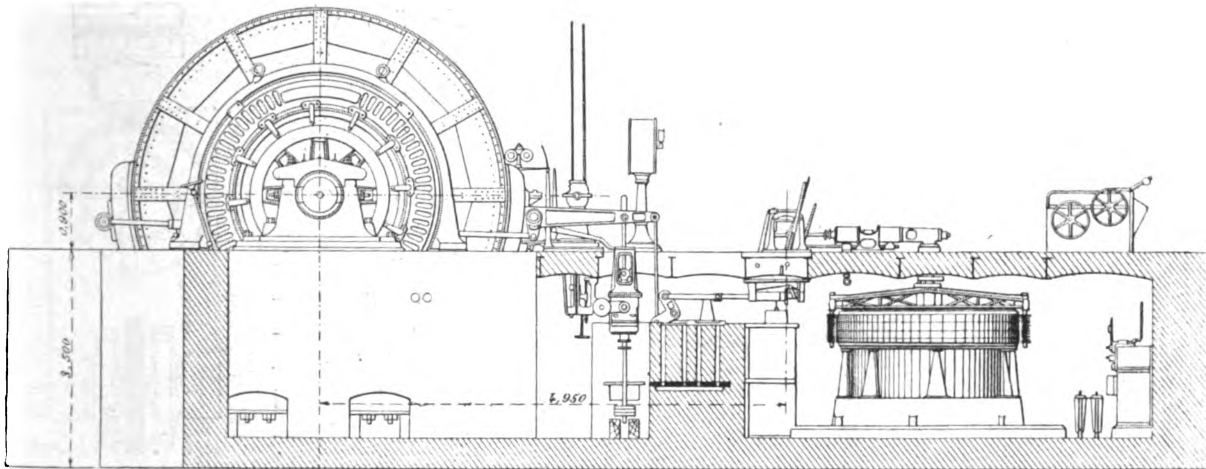


Fig. 34. — Machines d'extraction pour mines de la Wilhelmshütte C°, de Mulheim et de Siemens et Halske. Vue en élévation.

ménagé entre les extrémités de deux ponts roulants; cet espace n'a que 0,90 m de large. Le chariot, très étroit, est porté sur deux fers en Z par huit roues, et guidé par deux galets à axes verticaux; en cas de rupture d'une roue porteuse, des taquets disposés entre les quatre paires de roues viennent porter sur les fers et empêcher tout accident. Les quatre roues à gauche de la figure 33 sont commandées par une dynamo de 8 chevaux, qui imprime au chariot une translation à la vitesse de 2 m par seconde.

Le treuil, suspendu au chariot par un châssis articulé, est commandé, par une seconde dynamo de 20 chevaux, à des vitesses de levée variant de 0,60 m à 0,20 m par seconde, suivant les charges, dont la maxima est de 4 500 kg. Le treuil est à deux freins : un automatique, serrant quand l'intensité du courant de levée diminue, et l'autre mécanique; un commutateur automatique coupe le courant au sommet de la levée.

Le courant moteur est amené aux deux dynamos par deux trôlets à ressort : poids total de l'appareil 4 500 kg : construit par Palwing et Harnischfeger, Milwaukee [1].

Nos lecteurs savent avec quelle facilité et quelle multiplicité les appareils de traction et de roulage électrique se répandent dans les mines; le succès de ces applications est tel

---

[1] *American Machinist*, 1er février 1902, p. 89.

que l'on n'hésite plus, aujourd'hui, à faire commander les machines d'extraction mêmes, comme le montre l'exemple figure 34 et 35, exposé à Dusseldorf ([1]).

Cette machine, construite par la Wilhelmshutte C° de Mulheim et la maison Siemens et Halske, pour le puits Zollern II des mines de Gelsenkirken, peut remonter des charges utiles de 4 200 kg, de 500 m de profondeur à la vitesse de 20 m par seconde.

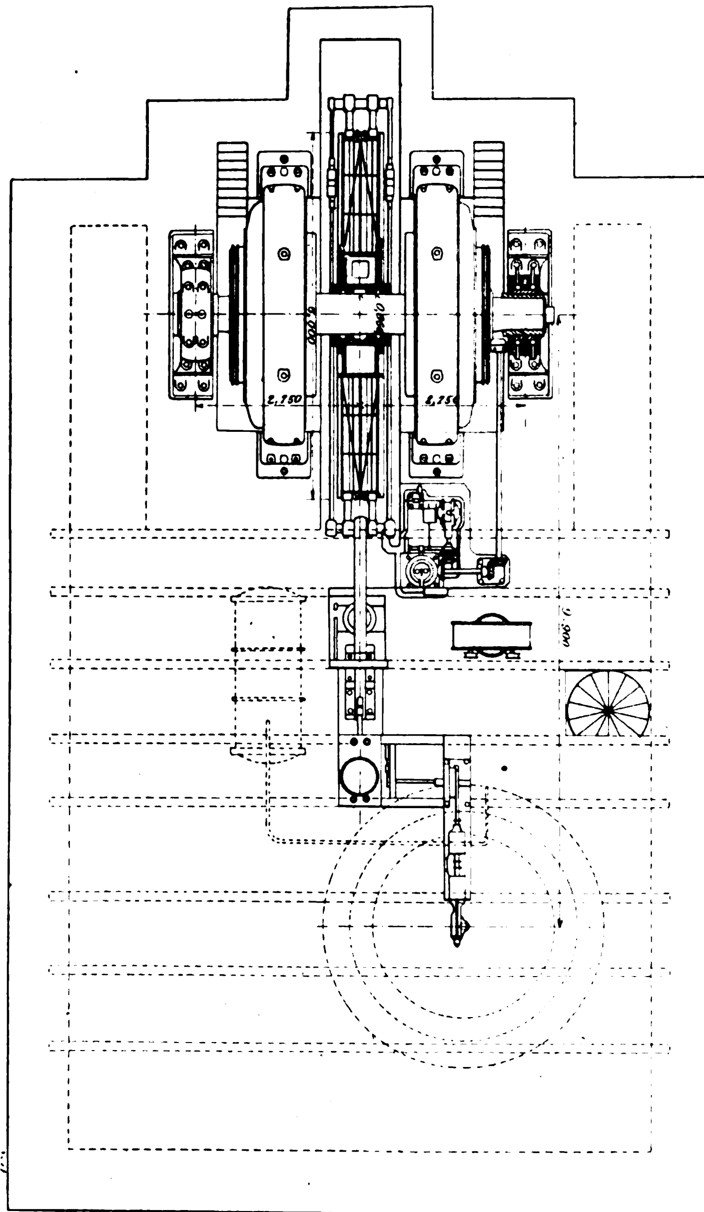


Fig. 35. — Machine d'extraction pour mines de la Wilhelmshutte C°, de Mulheim et de Siemens et Halske. — Vue en plan du tambour et des moteurs.

L'arbre de son tambour porte deux dynamos de 1 400 chevaux chacune, à courant continu de 500 volts, fourni par des génératrices avec batterie d'accumulateurs régulatrice, très avantageuse en raison du caractère intermittent de la marche. L'emploi de deux dynamos permet de graduer la vitesse entre des limites très étendues par le jeu de leurs combinaisons en série et parallèle; en outre, en cas d'accident à l'une d'elles, l'autre peut mener la charge à vitesses réduites. La cage renferme 6 wagonnets disposés sur trois étages; en marchant 16 heures par jour, on peut tirer, de 500 m, 2 700 tonnes avec un seul palier de chargement, et 4 000 avec trois paliers.

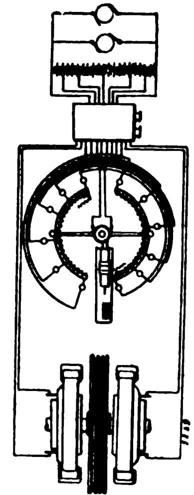


Fig. 36. Diagramme des connexions de la machine d'extraction de la Wilhelmshutte C°.

Le tambour, de 6 m de diamètre, est à frein central et à câble continu, enroulé une seule fois sur le tambour et entraîné par friction.

En faisant intervenir les accumulateurs et en variant l'excitation des dynamos, on peut

([1]) *Dingler Polytechnisches Journal*, 14 juin, p. 380 et *Engineering*, 4 juillet, p. 12.

marcher à toute une série de vitesses, depuis 2 m jusqu'à 20 m par seconde. La machine est pourvue d'un indicateur de course et d'un arrêt automatique de sûreté, qui, dès que la vitesse dépasse 20 m, serre le frein et coupe le circuit des dynamos; dès que la cage arrive au bout de sa course, un évite molettes coupe graduellement ce circuit.

La batterie d'accumulateur est divisée en quatre groupes, déchargés alternativement de droite à gauche puis de gauche à droite, comme en figure 36; aux deux extrémités de la batterie, on a réservé quelques accumulateurs chargés par une dynamo spéciale, pour les manœuvres auxiliaires. Les différents groupes de la batterie sont séparés par des résistances reliées au levier de mise en train; en pleine marche à 20 m, chacun des dynamos a sa résistance de mise en train, et, à demi vitesse, les deux dynamos, alors en série, démarrent sur une seule résistance. La mise en train est commandée par un servo-moteur à air comprimé, à côté duquel se trouve le levier de manœuvre du frein à air comprimé. En cas d'accident à ce frein, le mécanicien dispose encore d'un frein à pédale [1].

(*A suivre.*)

G. Richard.

LA FABRICATION ÉLECTROTHERMIQUE DE L'ACIER

A L'USINE DE KERROUSSE (MORBIHAN)

L'avilissement du prix de vente du carbure de calcium et l'augmentation du prix de revient de ce produit, par suite des droits de licence résultant de la reconnaissance de la validité des brevets Bullier, ont forcé beaucoup de propriétaires d'usines électrochimiques, construites en vue de la fabrication du carbure de calcium, à chercher une meilleure utilisation de leur matériel. Plusieurs se sont attaqués à la fabrication des ferro-alliages, de l'acier et plus particulièrement à celle des aciers spéciaux pour outils, aciers auxquels on demande des qualités qu'il est difficile d'obtenir à coup sûr par les procédés métallurgiques ordinaires et qui, partant, sont d'un prix de vente élevé.

Des essais industriels ont été entrepris dans ce but en Italie d'abord, puis aux États-Unis, en Suède et en France.

Au récent Congrès de la Houille blanche, les congressistes ont pu voir, à l'Usine de la Praz, la coulée d'acier obtenu au four électrique; à la section technique de ce même Congrès, M. Ch. Bertolus, ingénieur électrométallurgiste à Saint-Étienne, a fait une communication sur la fabrication de l'acier dans l'usine que possède à Kerrousse, près Hennebont (Morbihan), la Compagnie électrothermique Keller, Leleux et Cie.

Nous empruntons à cette communication les quelques renseignements suivants :

L'usine de Kerrousse utilise une chute du Blavet d'une puissance d'environ 550 chevaux. Le matériel générateur comprend 4 turbines verticales de 135 chevaux chacune commandant 2 alternateurs d'une puissance individuelle de 200 kilowatts et 2 excitatrices, dont une de secours; les alternateurs peuvent donner trois tensions différentes. Les figures

[1] Voir aussi le treuil de mines exposé par Soest (*Dingler*, 14 juin, p. 382). L'exposition de Düsseldorf est des plus intéressantes aux points de vue des applications de l'électricité aux appareils de levage et de manutention (Voir *Verein Deutscher Ingenieuren*, 31 mai, p. 811, 21 et 28 juin, p. 909 et 953 et *Dinglers*, 21 juin, p. 394 et 5 juillet, p. 433).

1 à 3, dont les clichés nous ont été obligeamment prêtés par la Compagnie électrothermique, donnent les vues de l'usine et de la salle des machines.

La salle des fours contient une batterie de fours électriques divers, occupant une moitié de sa surface, pour la fabrication des alliages ; l'autre moitié est réservée aux fours spéciaux pour le traitement des minerais de fer et l'obtention des aciers.

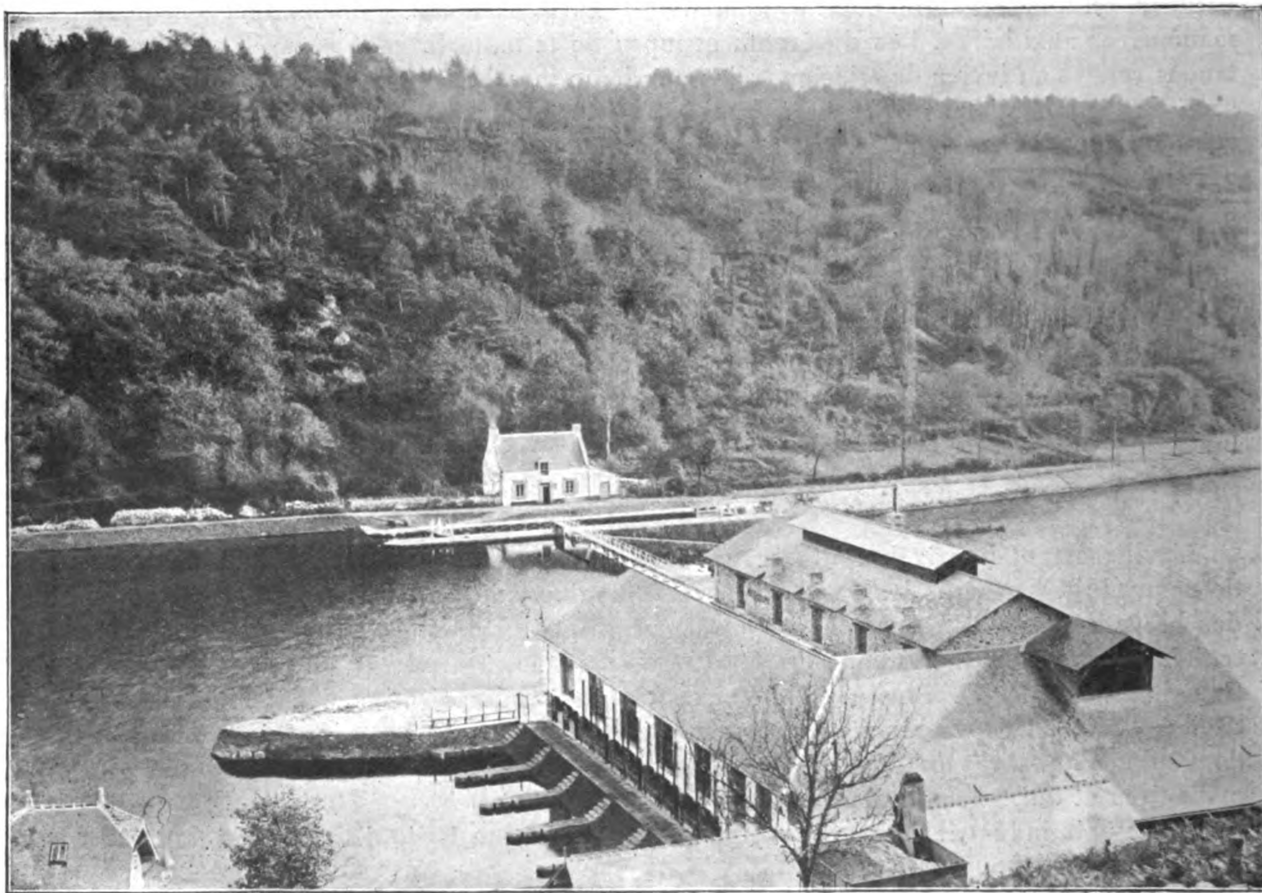


Fig. 1. — Usine de Kerrousse, vue générale.

L'usine est complétée par un important laboratoire, par une salle de broyage et un matériel qui lui permet de fabriquer ses électrodes.

Les premiers résultats satisfaisants concernant la fabrication de l'acier ont été obtenus au moyen du four Keller à deux électrodes, dont la figure 4 présente une coupe schématique. Ce four présente en effet pour cette application divers avantages : chacune des électrodes donne lieu à un foyer distinct dont la puissance calorifique peut être augmentée ou diminuée séparément par le déplacement de l'une ou l'autre électrode. Dans des essais ultérieurs, chacune des électrodes du four précédent a été remplacée par deux ou trois autres électrodes disposées en dérivation comme l'indiquent les figures 5 et 6, cette disposition nouvelle permettant, en premier lieu, d'augmenter la puissance calorifique dépensée dans le four et par conséquent la quantité de minerai traitée en une opération, en second lieu, d'effectuer le remplacement d'une électrode usée sans interrompre le fontionne-

nement du four, le circuit électrique restant fermé par les autres électrodes pendant la durée du remplacement.

Mais bien qu'il obtint avec ces fours à multiples électrodes des aciers de bonne qualité, M. Keller reconnut que, pour une exploitation pratique et industrielle, il y avait inconvénient à opérer dans un même four la transformation complète du minerai en acier. Cette



Fig. 2. — Usine de Kerrousse, vue générale.

transformation nécessite en effet une série d'opérations (réduction du minerai, épuration, affinage) qui exigent des conditions de marche différentes, car, lors de la réduction, le four est plein de matières, tandis que pendant l'affinage il ne contient plus qu'un volume beaucoup moindre de matières fondues.

M. Keller se trouva ainsi amené à adopter deux fours électriques disposés en cascade, le four supérieur étant destiné et construit tout spécialement pour la réduction du minerai, alors que le four inférieur est réservé exclusivement à l'affinage et à l'épuration du métal brut coulé du four supérieur. Les deux fours ont ainsi un fonctionnement spécial; le premier reste toujours plein de matières : le métal étant coulé régulièrement ainsi que les laitiers, à des niveaux constants; le second ne contient que le métal liquide et les matières d'affinage ou d'épuration.

L'ensemble de ces deux fours constitue ce que M. Keller appelle un haut fourneau élec-

trique; celui utilisé à l'usine de Kerrousse absorbe environ 375 chevaux. Le four supérieur de ce haut fourneau électrique (fig. 9) comprend deux groupes de deux électrodes verticales, les deux électrodes d'un même groupe étant mises en parallèle et les deux groupes mis en série.

Ces quatre électrodes sont placées dans une même capacité à parois réfractaires. La sole du four est inclinée vers l'orifice de coulée; cette sole est constituée à la façon des soles des fours Martin. La chambre de fusion du four est surmontée d'un cylindre en maçonnerie contenant les minerais, le charbon de réduction et les fondants, qui sont chargés à sa partie supérieure.

Sous l'orifice de coulée du four supérieur est installé le four d'affinage; ce dernier four

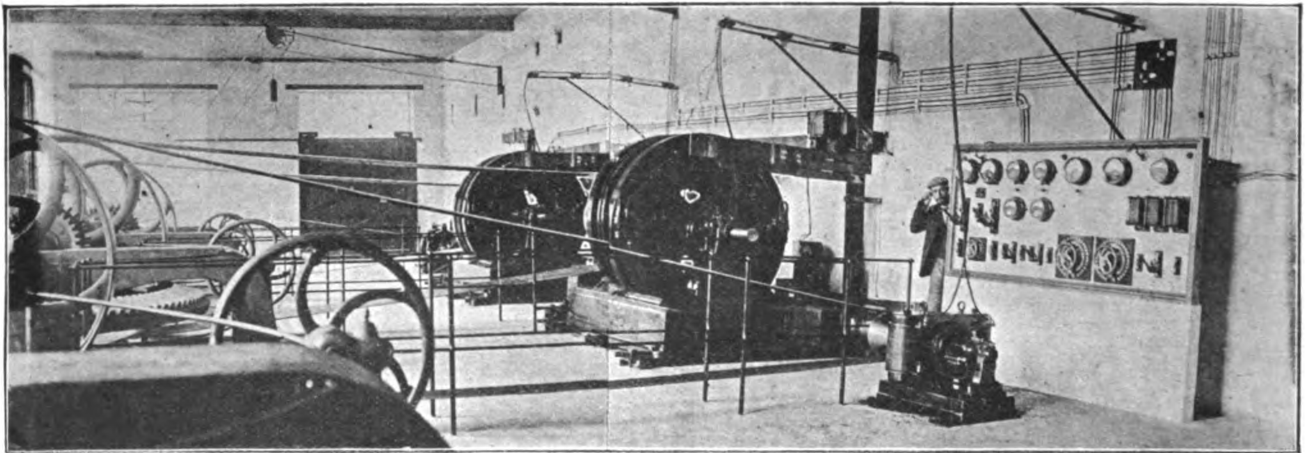


Fig. 8. — Salle des machines de l'usine de Kerrousse.

est constitué par une capacité réfractaire mobile servant simplement de réceptacle au métal fondu.

Dans ce récipient, fermé par des couvercles réfractaires amovibles, deux électrodes verticales peuvent être élevées ou abaissées au moyen d'un mécanisme de levage, manœuvré à main. L'orifice supérieur du four est fermé à la manière ordinaire des hauts fourneaux.

Dès la mise en marche du four supérieur, les matières sont introduites par le gueulard et emplissent le four. Les quatre foyers sont réglés séparément d'après l'examen de quatre ampèremètres et de deux voltmètres; le réglage se fait aisément quelques minutes après l'allumage.

La réduction du métal et la fusion du minerai commencent à s'effectuer seulement sur la sole. Après quelque temps de marche, l'oxyde de carbone et le minerai, contenus dans la colonne du four, sont suffisamment chauds pour entrer en réaction. Dès lors, la réduction s'opère, non seulement dans la partie inférieure du four, c'est-à-dire dans la zone de fusion, mais encore dans toute la colonne du four qui est toujours tenue pleine de matières; les gaz qui arrivent à la partie supérieure de la colonne sont aspirés dans une chambre où ils sont brûlés; leur chaleur de combustion est utilisée au séchage des matières. Après quelques heures de marche la coulée du métal brut est effectuée dans le four d'affinage, préalablement chauffé et contenant déjà des matières en fusion.

A l'arrivée des laitiers par le trou de coulée du métal, le tampon de fermeture est

introduit. Le courant électrique est alors réglé convenablement dans le four inférieur qui vient de recevoir cette coulée afin de la tenir chaude, tout en en commençant la décarburation.

Au moment de la coulée du four supérieur les matières s'affaissent dans la colonne de chargement ; les électrodes qui avaient légèrement été élevées pour le réglage de la tension sont abaissées et reviennent à leur position initiale. De nouvelles charges de matières sont alors introduites.

Après un certain temps de marche, les laitiers du four supérieur sont évacués par une des tuyères spéciales placées sur les faces latérales du four. Les coulées de métal et de laitiers

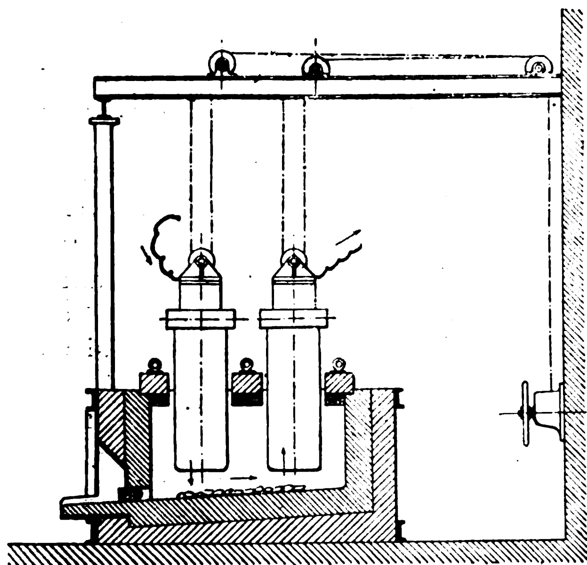


Fig. 4. — Four électrique Keller à deux électrodes.

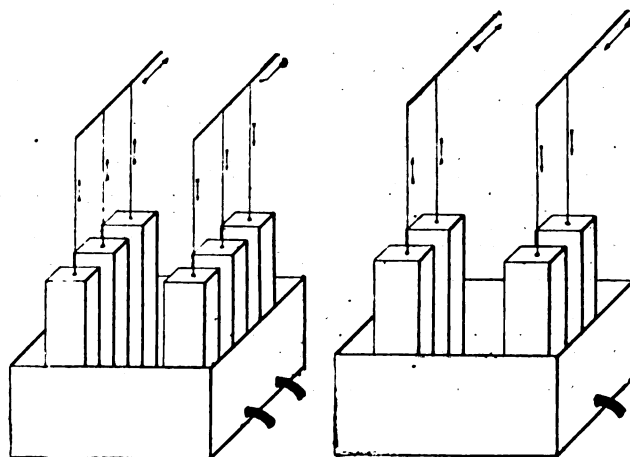


Fig. 5 et 6. — Disposition des électrodes de fours à 4 et à 6 électrodes.

sont ensuite effectuées à intervalles réguliers et la marche de l'appareil est réglée comme à l'ordinaire par l'examen des laitiers et du métal coulé.

On arrive ainsi à obtenir un métal de composition absolument régulière donnant lieu à un affinage méthodique.

Les deux fours sont alimentés respectivement par chacun des deux alternateurs de l'installation.

Lorsque le four inférieur contient une quantité suffisante de métal liquide, on procède à l'affinage de cette quantité. Dans une exploitation, deux fours d'affinage pourraient être alimentés par le même alternateur.

Le courant électrique est réglé dans le four d'affinage pour obtenir une liquéfaction complète et des réactions rapides du métal brut avec les matières d'affinage et d'épuration.

M. Bertolus déclare avoir vu décarburer le métal brut par la méthode de « l'ore process » qui consiste à ajouter de l'oxyde au bain métallique ; l'oxyde ajouté était le minerai de fer lui-même. Il a vu effectuer également la décarburation du métal brut par l'addition deriblons de fer brut, les riblons étant plongés dans le métal en fusion, entre les électrodes.

L'épuration est réalisée par une addition convenable de chaux.

Le point d'arrêt de la décarburation et de l'épuration est déterminé par l'examen mécanique d'échantillons prélevés, tout comme dans la métallurgie ordinaire. — Après les addi-

tions finales, qui ne paraissent présenter rien de particulier à la méthode électrique, la coulée est effectuée à la suite d'un fort réchauffage.

Le métal est coulé dans une poche, puis distribué dans des lingotières. — Aussitôt après la coulée, le courant électrique d'affinage est modéré à nouveau et le four se trouve prêt à recevoir les coulées nouvelles du four supérieur et ainsi de suite.

L'opération ainsi conduite est continue, car le mode de groupement des électrodes du four supérieur permet, comme il a été dit, le remplacement successif des électrodes, sans interrompre la marche du four.

« M. Keller, ajoute M. Bertolus, nous a expliqué que vu la puissance relativement réduite de l'usine de Kerrousse, il n'avait pas jugé utile de munir cette usine de certains dispositifs complémentaires qu'il a étudiés, pour l'exploitation en grand de son procédé de fabrication des aciers. Il nous a assuré que ces dispositifs nouveaux lui permettaient d'affiner pratiquement et de couler, en une seule fois, des quantités d'acier de 15 à 20 tonnes, et plus si on le désire.

» Nous avons assisté également à une opération de fabrication d'acier au moyen de riblons. — Cette opération nécessite des constantes électriques différentes de celles employées pour le traitement du minerai de fer.

» Une fusion épurante a été effectuée dans le four supérieur et l'affinage et l'épuration ont été mis au point dans le four inférieur ainsi qu'il a été dit pour le traitement direct du minerai. Le traitement des riblons présente d'ailleurs moins de difficultés que celui du minerai et nécessite moins d'énergie électrique. »

Dans sa communication, M. Bertolus examine le côté économique de ce nouveau mode de fabrication de l'acier; voici ce qu'il dit à ce propos :

« Nous avons constaté que la fabrication d'une tonne d'acier nécessite 2 800 kilowatts-heure effectifs, soit 3 800 chevaux-heure électriques environ. — Pour en déterminer le prix de revient, dans le cas du traitement direct du minerai, nous prendrons comme bases les prix suivants qui peuvent être obtenus en pratique :

Prix de la tonne de minerai de fer à 55 p. 100 de fer, rendue à l'usine	10	fr.
Prix de la tonne de coke pour la réduction, rendue à l'usine	40	»
Prix de la tonne de fondant, rendue à l'usine	15	»
Prix de la main-d'œuvre, par journée	3	»
Prix de 100 kg d'électrodes, rendues à l'usine	30	»
Energie électrique, le kilowatt-an de 8 400 heures	50	»

» Ce dernier prix comprenant l'amortissement des bâtiments et du matériel moteur.

» S'il s'agit d'une usine de moyenne importance, les frais de fabrication de la tonne d'acier comprenant : (*a*) matières premières (minerai, coke, électrodes, fondants, produits spéciaux; (*b*) énergie électrique; (*c*) main-d'œuvre ; (*d*) entretien (entretien général, lingotières, produits réfractaires, outillage; (*e*) frais généraux courants; (*f*) amortissement du matériel de fabrication, peuvent être évalués à 90 fr environ.

» On peut donc conclure que la tonne d'acier fabriqué par traitement électrique direct du minerai et coulé en lingots, licence d'exploitation non comprise, peut être obtenue de 90 à 100 fr en chiffre ronds.

» Dans des conditions exceptionnels de prix du minerai et de l'énergie électrique, ce prix de revient pourrait être diminué.

» Dans la fabrication de l'acier par fusion de riblons, la production d'un four est beaucoup plus élevée, à puissance égale, que par le traitement direct du minerai, et par

conséquent l'énergie entre dans le prix de revient de la tonne d'acier comme facteur moins important dans le premier cas que dans le second.

» Par contre, dans le prix de revient de la tonne d'acier, les riblons représenteront généralement une somme plus forte, que le minerai et le coke réunis.

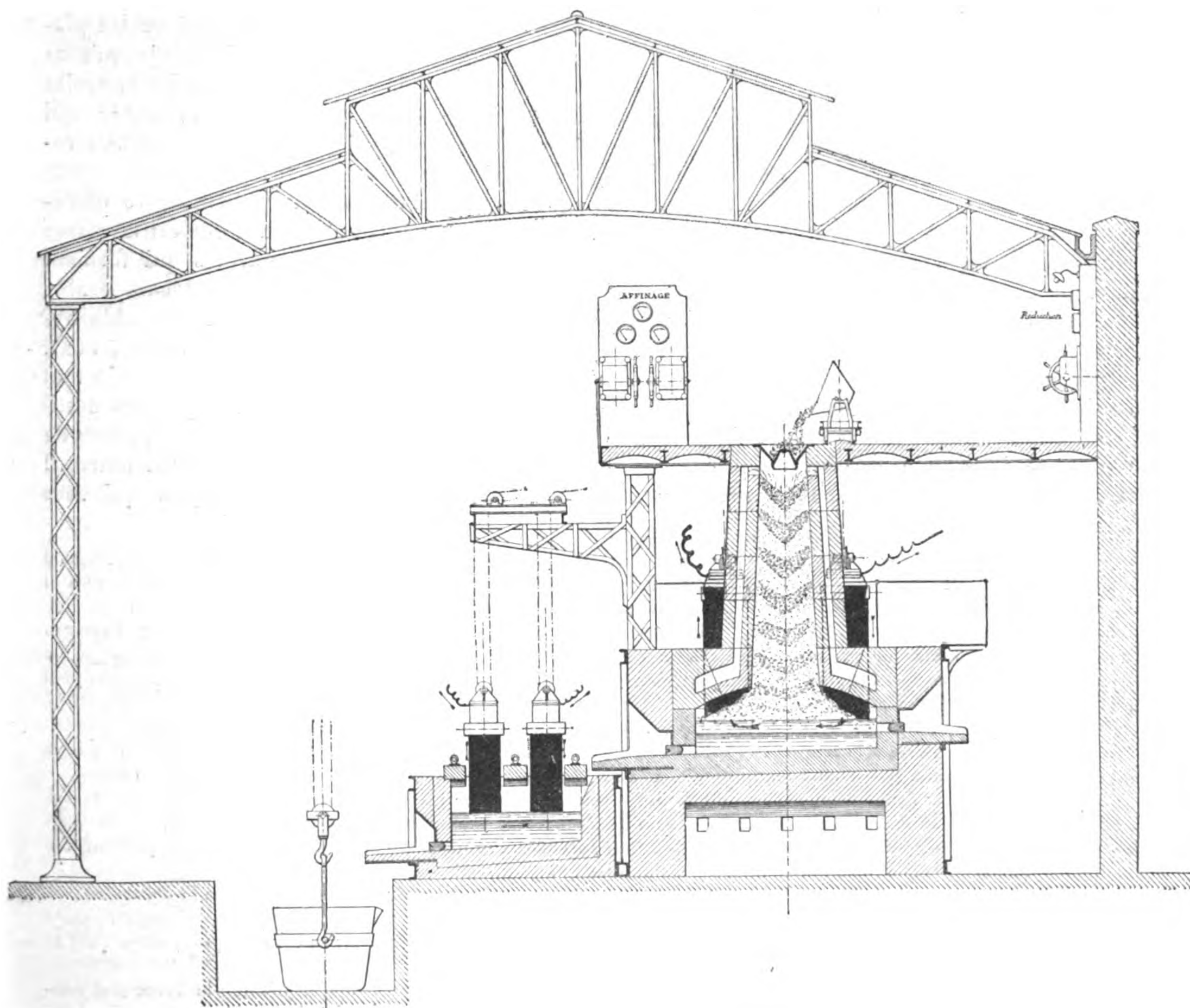


Fig. 7. — Haut-fourneau électrique Keller.

» L'avantage pour l'une ou l'autre méthode dépendra donc uniquement de la situation géographique de l'usine de fabrication. »

M. Bertolus termine par quelques mots sur la qualité de l'acier obtenu.

Il cite en particulier un rapport d'essais effectués par des métallurgistes du bassin de la Loire sur plusieurs lingots de 120 kg coulés en sa présence. De ce rapport, que nous reproduisons ci-dessous (1), M. Bertolus conclut que les aciers électriques peuvent entrer en concurrence avec les aciers Martin et Bessemer.

(1) Rapport sur les essais. — *Travail du métal.* — Le métal a été travaillé au naturel, c'est-à-dire tel qu'il a

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION

Sur les troubles d'exploitation avec batteries stationnaires, par **Harry Wehrlin** et **Victor Langstein**. (*Centralblatt f. Accumulatoren-Elementen- und Accumobilenkunde*, t. III, p. 149 et 168, 15 juin et 1er juillet 1902.

Les causes des troubles qui surviennent dans les exploitations par batteries d'accumulateurs sont les suivantes : à la plaque positive, chute de la matière active, corrosion du support en plomb dilatation et gauchissement des plaques, sulfatation, actions locales, courts-circuits entre les plaques. A la plaque négative, il faut craindre : gauchissement de la plaque, sulfatation, contraction de la matière, action locale.

La chute de la matière active positive est un phénomène inévitable qui arrive plus ou moins vite selon le type de plaque. Pour prévenir les inconvénients qui en résultent, on doit laisser entre le fond du bac et le bord inférieur des plaques un intervalle suffisant, atteignant jusqu'à un tiers de la hauteur des plaques pour les batteries stationnaires. C'est qu'en effet la matière qui tombe à l'état de poudre possède un grand volume spécifique.

La corrosion du support positif arrive également tôt ou tard selon les cas ; elle est favorisée principalement par les impuretés qui forment avec le plomb un sel soluble ou décomposable par l'acide sulfurique (chlore, acide chlorhydrique, produits nitreux, acide acétique, etc.). Pour cette raison, on doit prendre un soin tout particulier dans l'emballage des plaques destinées à être expédiées par mer et susceptibles de venir au contact de l'eau de mer. En outre, il faut éviter les substances organiques qui sous

---

été envoyé et sans trempe aucune ; il s'est parfaitement comporté sous le marteau pilon ; se forge très facilement à une température moyenne de 900 degrés environ. — Dans ces conditions, il obéit bien, se montre très doux et présente une facilité remarquable au travail.

Une partie du lingot ayant été martelée, pilonnée, sans donner lieu à aucune critique, une bande d'environ 5 à 6 millimètres d'épaisseur sur 12 centimètres de largeur a été percée au rouge tout près de ses extrémités, au moyen de poinçons de divers diamètres ; au quatrième poinçon, les bords, devenus très étroits autour du trou, ont encore résisté sans montrer aucune altération.

Cette même partie du lingot, coupée en deux, a présenté une section très saine, dénotant un bon acier.

Un autre morceau porté à la température de 1 250 à 1 300 degrés a montré que le métal ne supportait pas la chaleur, il ne se travaille pas à cette température, 1 000 degrés seraient déjà un peu élevés ; au-dessus, il brûle.

Essai mécanique du métal. — Le lingot ayant été repris à la température de 900 degrés, un morceau de 80 mm × 80 mm a été forgé au marteau et transformé (toujours au marteau pilon) en une barre ronde, pour essais de traction, de 500 mm de long sur 30 à 32 mm de diamètre, et cela d'une seule chaude et très facilement, ce qui confirme absolument que le métal est d'une souplesse remarquable.

Jusqu'à ce moment, on pensait se trouver en présence d'un acier doux, mais cet essai a montré le contraire : en effet, le métal se refroidissant petit à petit pendant l'opération, on a constaté qu'il possède cette propriété assez curieuse, et peut-être même assez particulière, de devenir excessivement dur autour de 500 degrés, alors qu'il se laisse travailler facilement à 600, 650 degrés.

Pour se rendre compte de la dureté, il a été essayé de couper à froid un petit rondin pris sur la barre de traction, mais l'outil s'est émoussé sans entamer le morceau bien profondément, et pour détacher le rondin, il a fallu chauffer à nouveau.

Le travail au burin sur ce même rondin a confirmé une grande dureté.

Les essais de pliage et repliage à chaud sur des bandes préparées, d'épaisseurs et largeurs diverses, ont donné de bons résultats ; on les plie à bloc au pilon, on les redresse, le métal ne montre aucune trace de fatigue.

Pareils essais de pliage à chaud ont été faits dans le sens transversal, les résultats ont été également bons.

Ces deux essais ont permis de constater que le métal avait beaucoup de ressort, ce qui laisserait supposer que sa limite d'élasticité doit être assez élevée.

Ci-après la note du chef des essais, indiquant les résultats comme résistance et allongement sur une éprouvette recuite à 900 degrés environ ; cette éprouvette a été étirée au pilon et recuite avant tournage.

Diamètre de l'éprouvette.	13,8 mm
Longueur	100 —
Résistance par millimètre carré.	83,4 kg
Allongement.	13,0 mm

l'influence de l'action électrolytique, peuvent donner de l'acétone, de l'acide acétique ou encore de l'alcool. La corrosion se fait en particulier à la queue pour les plaques coulées, car il se forme facilement des pores dans le plomb à cet endroit. Les parties non homogènes du plomb sont toujours plus facilement attaquées par l'oxydation électrolytique; aussi évite-t-on d'opérer des soudures aux plaques positives, même si ce sont des soudures autogènes, aux points qui doivent être en contact avec l'électrolyte.

On appelle sulfatation des plaques la transformation partielle de la matière active en sulfate qui n'est plus en état de revenir à l'état de peroxyde par la charge. Ce fait se produit quand les plaques restent longtemps dans l'acide, à l'état déchargé ou lorsqu'on utilise l'élément pour des décharges de très longue durée (éléments pour télégraphe ou téléphone). Avec quelques précautions, on évite facilement cet inconvénient dans les batteries à poste fixe. Par suite de l'absorption de l'acide sulfurique, la matière active augmente de volume et la plaque peut se déformer et se rompre. Différents procédés ont été indiqués pour ramener les plaques sulfatées à leur état normal (formation dans l'eau de baryte, la soude, etc.) ; cependant ils n'ont pas grande importance pratique. Si de lentes charges et surcharges à faible intensité restent sans effet, les plaques doivent être remplacées.

Les actions locales sont plus à craindre aux négatives qu'aux positives, car les impuretés qui peuvent exister dans l'électrolyte se déposent sur les négatives pendant la charge. On évite ces impuretés en chargeant l'élément en sens inverse, après une décharge, jusqu'à l'apparition de la teinte brune à la surface des négatives ; les impuretés se dissolvent alors et il suffit de remplacer le liquide par un électrolyte pur et de remettre en charge dans le sens normal.

La dilatation et le gauchissement des plaques négatives ne sont en général pas à craindre. Le gauchissement peut se produire, mais très rarement, aux plaques extrêmes et lorsqu'il y a sulfatation ou actions locales.

Le phénomène le plus grave qui survient à la négative est la contraction de la matière active, cause de la baisse de capacité.

Pour ramener les vieilles négatives à leur capacité initiale, un moyen employé consiste à peroxyder ces plaques; pendant la transformation du plomb spongieux en peroxyde, il y a dilatation de la matière active ; il suffit ensuite de réduire à nouveau ce peroxyde en plomb spongieux en chargeant dans le sens normal. Malheureusement, pendant cette opération, il arrive souvent que la plaque se gauchit ou que la matière active tombe. Un autre procédé consiste à laver les négatives, les sécher puis les brosser énergiquement et enfin les réempâter à la façon ordinaire (mélange d'acide sulfurique et d'oxydes de plomb).

L'article donne encore quelques prescriptions générales déjà connues, relatives à l'exploitation des batteries et aux opérations de nettoyage des éléments défectueux (élimination du dépôt, redressage des plaques déformées, etc.).

L. J.

ÉCLAIRAGE

L'éclairage électrique de la gare des chemins de fer du Sud, à Vienne (Ligne Vienne-Trieste), par **Carl Jordan**. *Zeitschrift für Elektrotechnik*, t. XX, p. 87, 16 février 1902.

L'éclairage électrique de cette gare, par courant alternatif, date de 1880 et avait été exécuté par la maison Siemens et Halske, de Vienne ; mais l'accroissement du trafic sur la ligne réclamait un remaniement et une extension de l'installation primitive en rapport avec ses besoins actuels. On a conservé le courant alternatif monophasé qui se distribue, par réseaux à deux et à trois fils, à un ensemble de 41 lampes à arc réparties en trois groupes : *a*) Éclairage de la gare par 23 lampes à arc de 16 ampères ; 9, pour l'intérieur ; 4, pour les escaliers de côté ; 5, pour l'escalier du milieu ; 2, pour le grand vestibule d'entrée ; 2, pour la sortie ; et enfin 1, pour la petite sortie (système trifilaire). *b*) Éclairage de la cour d'entrée par 6 lampes à 20 ampères (système bifilaire). *c*) Éclairage des voies de manœuvres et de garage par 12 lampes à 20 ampères. Cette dernière installation s'étend de la gare jusqu'à la chaufferie, soit 730 m (système trifilaire).

I. Machines motrices et génératrices. — 1) *Moteurs*. — La salle des machines (fig. 1), située au rez-de-chaussée de la gare, comprend trois groupes générateurs avec trois moteurs à gaz de ville. Celui-ci est emmagasiné dans

trois gazogènes alimentés par l'usine municipale. Deux conduites, de 60 m de longueur et de 80 à 100 mm de diamètre, amènent le gaz aux moteurs simultanément ou séparément, par la manœuvre d'une vanne appropriée. Les moteurs sont tous du type « Otto » horizontal à quatre temps. Il y en a deux identiques de 12 chevaux provenant de l'installation primitive, mais qui ne se construisent plus aujourd'hui. Caractères distinctifs : distribution par tiroir ;

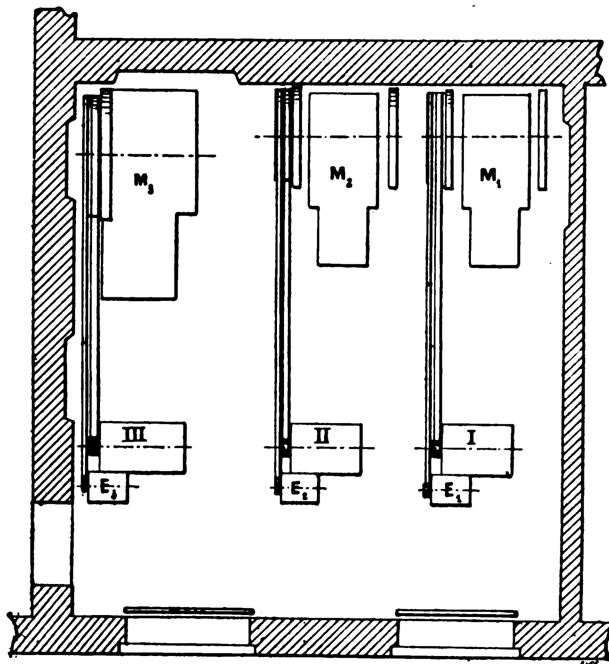


Fig. 1. — Salle des machines de l'usine génératrice à gaz de la gare du sud à Vienne.

allumage par flamme ; diamètre du cylindre, 270 mm ; course du piston, 450 mm ; nombre de t : m, 170 ; diamètre de la poulie, 1900 mm.

Pour le troisième de 30 chevaux, on a : distribution par soupape ; allumage par tube incandescent ; diamètre du cylindre, 320 mm ; course du piston, 420 mm ; nombre de t : m, 200 ; diamètre de la poulie, 1600 mm ; pompe de démarrage à benzine ; consommation de gaz par cheval-heure électrique, 0,6 m^3, y compris les pertes dans les transmissions, les marches à vide, les démarrages et la canalisation ; mais cette consommation s'élève à 0,944 m^3, si on prend la moyenne des trois moteurs. Le réglage de l'admission et de l'expulsion des gaz ainsi que le refroidissement n'offrent rien de particulier.

2) *Génératrices*. — La commande, dans tous les cas, se fait par double courroie, une pour la génératrice, l'autre pour son excitatrice. Les moteurs de 12 chevaux entraînent chacun un alternateur du type A de Ganz et Cie : puissance apparente, 12 kilovolts-ampères ; tension, 2 × 110 volts ; intensité, 55 ampères ; nombre de t : m, 830 ; fréquence, 42. Excitatrice du type Δ : puissance maxima, 3,3 kilowatts ; tension, 110 volts ; intensité, 30 ampères ; nombre de t : m, 900. L'ensemble sert à l'éclairage de la cour d'entrée (groupe *b*) [système bifilaire], des escaliers de côté, du vestibule, de la grande et de la petite sortie [système trifilaire]. L'ensemble II alimente l'intérieur de la gare, y compris l'escalier du milieu (groupe *a*) [système trifilaire]. Au moteur de 30 chevaux est réservé un alternateur du type A_2 de Ganz et Cie ; puissance apparente, 22 kilovolts-ampères ; tension 2 × 110 volts ; intensité, 100 ampères ; nombre de t : m, 830 ; fréquence, 42. Excitatrice du type Δ avec les mêmes constantes que celles données plus haut. Cet ensemble fournit l'énergie électrique exclusivement au groupe *c* (système trifilaire). Les excitatrices sont des dynamos shunt à pôles conséquents du type Kapp ; quant aux alternateurs, ils sont à induit fixe et inducteur mobile.

Les dispositifs employés pour abaisser le voltage au régime normal des lampes n'est pas le même dans les 3 cas.

Pour les groupes *a* et *c*, ce sont des rhéostats réducteurs, répartis pour ainsi dire en sous-stations ; pour le groupe *b*, on a recours à de petits transformateurs logés dans la partie inférieure des mâts.

II. Tableaux de distribution et circuits d'éclairage. — 1) *Tableaux*. — Ils sont au nombre de deux représentés par les figures 2 et 3. Le tableau I se rapporte aux deux petits alternateurs, le tableau II à l'alternateur de 22 kilovolts-ampères. Le lecteur trouvera, dans les légendes, la désignation des différents appareils de tableau, en même temps que le détail des connexions des réseaux entre eux. Grâce à un montage spécial, facile à suivre sur les figures, l'une quelconque des génératrices peut débiter sur le circuit des deux autres par le simple jeu des commutateurs de couplage C_1, C_2, C_3 ou C_4.

2) *Conducteurs*. — Chacun des conducteurs

de L_1 a 35 mm² de section ; ceux de L_2, 25 mm² ; l'ensemble aboutit dans une chambre à la hauteur d'un troisième étage au poste réducteur n° I afférent aux lampes du groupe *a*. Les conducteurs extérieurs des lampes de la cour d'entrée (groupe *b*) ont 10 mm² de section et un développement d'environ 350 m ; ceux du groupe *c* ont 35 mm² de section. Ils sont constitués par

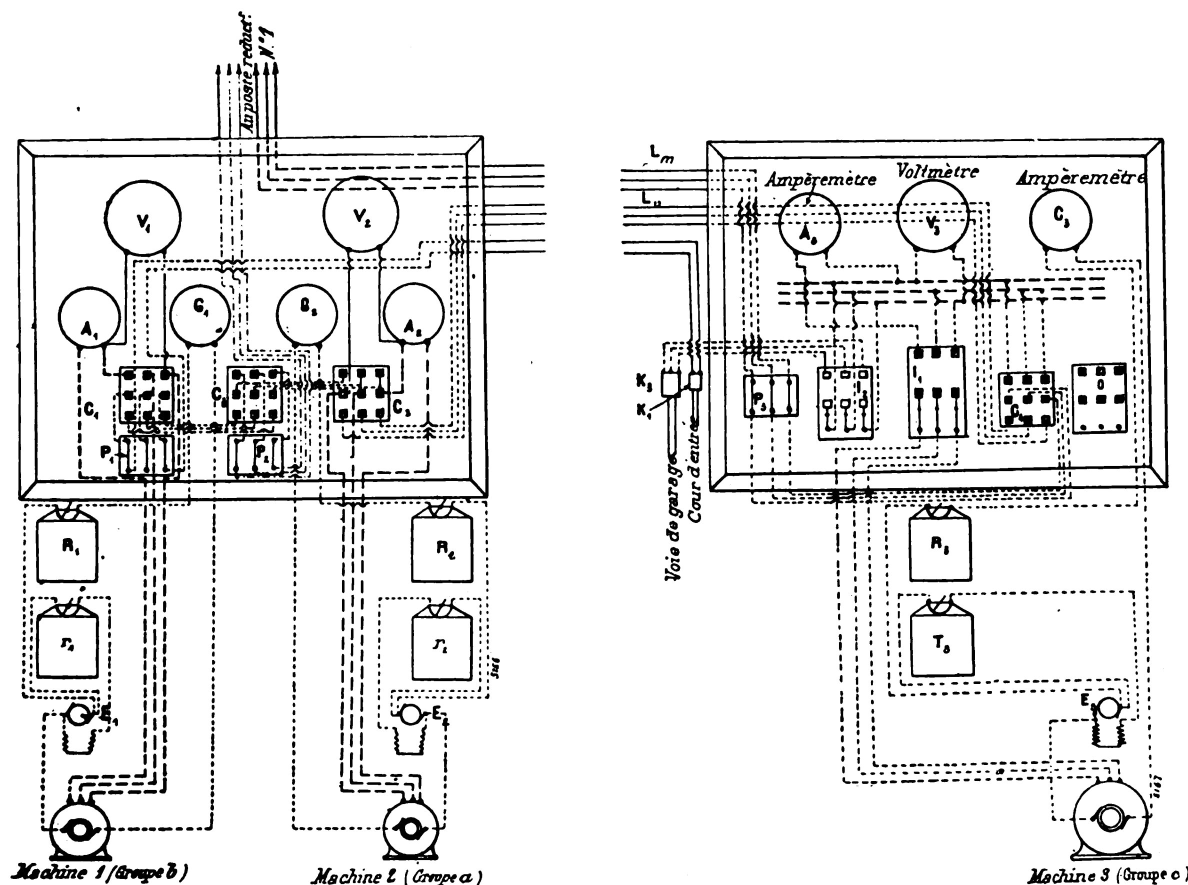


Fig. 2 et 3.

Tableau I. — V_1 et V_2, voltmètres caloriques ; A_1 et A_2, ampèremètres alternatifs système Hummel ; G_1 et G_2, ampèremètres continus des excitatrices ; C_1, C_2 et C_3, commutateurs tripolaire de couplage, C_3 étant l'intermédiaire entre C_1 et C_2 ; P_1, fusible (pour le système bifilaire, cour d'entrée) ; P_2, fusible (escaliers de côté et vestibule) ; R_1 et r_1, R_2 et r_2, rhéostats de réglage pour les inducteurs des génératrices et des excitatrices ; L_1, circuit des lampes des escaliers et du vestibule ; L_2, circuit des lampes de l'escalier du milieu et de l'intérieur de la gare ; K_1, manchon de jonction du tableau avec circuit bifilaire extérieur.

Tableau II. — V_3, voltmètre calorique ; A_3, ampèremètre alternatif, système Hummel ; G_3, ampèremètre continu de l'excitatrice ; P_3, fusible ; I_1, interrupteur tripolaire entre l'alternateur et les barres collectrices placées derrière le tableau ; I_2, interrupteur tripolaire entre les barres et les lampes (en l'ouvrant on peut envoyer le courant de la génératrice 3 sur l'un des deux autres réseaux) ; C_3, commutateur tripolaire de couplage par lequel on exécute la connexion précédente ; R_1 et r_1, rhéostat de réglage des circuits inducteurs de la génératrice et de son excitatrice ; K_3, manchon de jonction du tableau II avec le circuit extérieur (réglage des voies de manœuvres).

des câbles armés sous-plomb qui courent sous la voie sur une certaine longueur et se rendent au poste réducteur n° IV installé dans l'un des porte-lampes. A partir de ce point le réseau, devenu aérien et formé de cuivre nu de 25 mm², est porté par des mâts tubulaires de 8,5 m de hauteur système Manesmann et gagne le poste réducteur n° V situé à 70 m devant la chaufferie.

Avant l'arrivée au poste n° IV, c'est-à-dire, à 300 m de la gare, il existe une dérivation formée encore de 3 conducteurs de 35 mm² de section se dirigeant vers les sous-stations n° II et n° III. Chacune des sous-stations de II à V alimente 3 lampes de 20 ampères. Son équipement se compose : d'un rhéostat réducteur D, de 3 interrupteurs, 3 résistances de réglage et 7 coupe-

circuits. De différents centres le courant est conduit aux lampes par deux fils de 10 mm² de section, sauf pour deux lampes, ressortissant au poste III et situées dans le voisinage des messageries de la grande vitesse, qui reçoivent le courant par un câble double placé sous la voie.

3) *Postes réducteurs.* — Après cet exposé rapide du rôle et de l'emplacement des sous-stations, nous donnons, en figure 4, le schéma du poste réducteur n° I de beaucoup le plus important. Il comprend : 8 rhéostats réducteurs de tension D, 16 coupe-circuits P, 46 chevilles de sûreté *p* et 23 résistances de réglage R. Il en part 46 fils, à savoir : 23 directement aux lampes ; les autres, à 23 interrupteurs réunis dans une même boîte, de sorte qu'on peut supprimer ou intercaler à volonté l'une quelconque des lampes. Pour les lampes qui desservent la cour d'entrée le dispositif repose sur l'emploi d'un transformateur. Chaque mât possède son équipement indépendamment des autres. Le détail en est donné dans la légende de la figure 5.

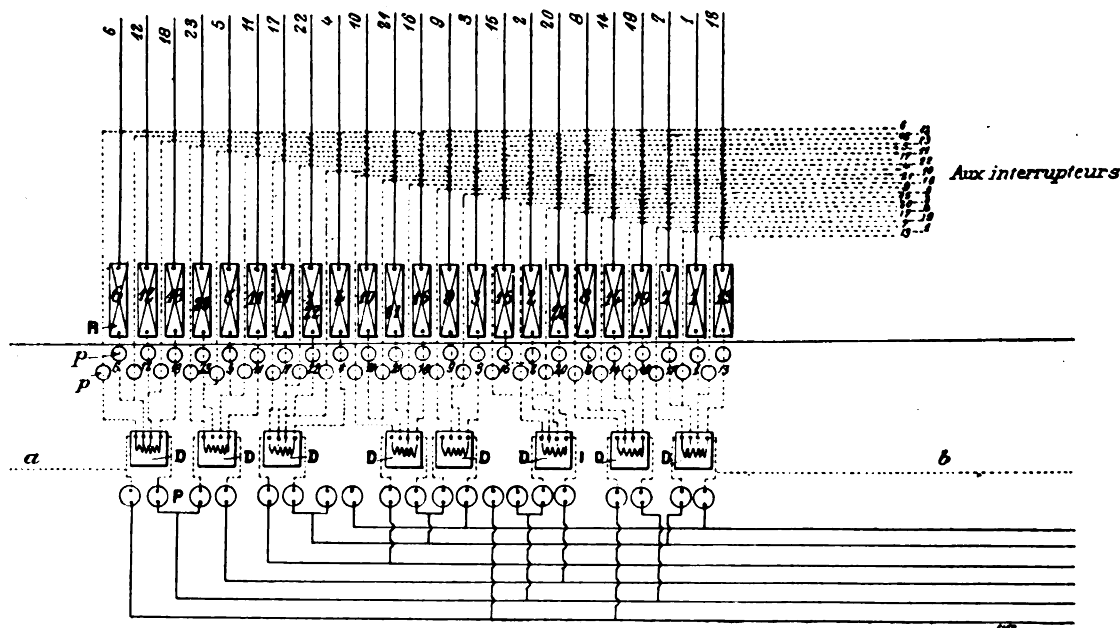


Fig. 4. — Schéma du poste réducteur n° I. — La partie située au-dessous de l'axe *ab* a été obtenue par une rotation de 180° autour de cet axe.

P, fusibles en dérivation sur le fil neutre; *p*, bouchons de sûreté; R, résistance de réglage pour lampes à arc; D, rhéostats réducteurs de tension.

4) *Lampes.* — Les lampes sont à noyau annulaire, dont 13 du système série et 28 du système différentiel. La tension normale auxbornes est de 29,5 volts. Celles du groupe *a* sont suspendues à des poulies ; celles du groupe *b* sont portées par des mâts de 15 m de hauteur. On a adopté la même hauteur de suspension pour les appareils du groupe *c*. Toutes les lampes indistinctement sont munies de globes de verre transparents. L'expérience a démontré que ce dispositif donne le plus grand rendement lumineux et une répartition plus uniforme de l'éclairage. D'autre part, l'usage des foyers intenses, placés à une grande hauteur au-dessus du sol, permet la vision à distance ; ainsi tout le personnel de service, en particulier la vigie préposée aux aiguillages, découvre tout le terrain de manœuvres, d'où une rapidité et une précision bien supérieures dans l'exécution des ordres qu'avec des supports peu élevés.

Les charbons ont 300 mm de longueur et une durée de 16 heures. Leurs diamètres sont :

Lampes de 16 ampères. Charbon	supérieur	14	mm
	inférieur	16	»
Lampes de 20 ampères. Charbon	supérieur	16	»
	inférieur	18	»

III. Isolement de l'installation. — Les essais d'isolement ont été exécutés avec un appareil de précision de Hartmann et Braun, sys-

tème d'Arsonval. La tension de la batterie était de 118 volts et la limite de la résistance 17 mégohms. Les enroulements des génératrices et de leurs excitatrices ont indiqué un isolement supérieur à 17 mégohms, car l'aiguille n'éprouvait aucune déviation sensible. Pour les différentes déviations branchées sur les feeders, on a trouvé : Groupe *a*. 1. Escalier du milieu, 106 300 ohms; 2. Escalier latéral, 378 000 ohms. Groupe *b*. Cour d'entrée, 193 000 ohms. Groupe *c*. Voie de garage, 109 000 ohms. Les

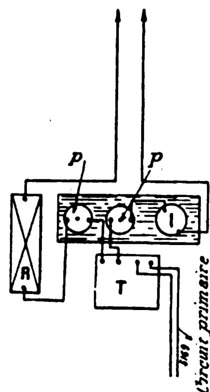


Fig. 5. — Schéma d'un poste réducteur installé dans les mâts de la cour d'entrée.

T, transformateur; I, interrupteur sur le secondaire; *p*, *p*, fusibles; R, résistance de réglage pour lampes à arc.

règlements de la Société des ingénieurs allemands allemands prescrivaient seulement les nombres suivants : 16 700, 22 500, 26 700 et 18 300 ohms. Quant aux câbles à deux et à trois conducteurs, les mesures d'isolement au téléphone ont donné des valeurs voisines de 200 mégohms.

IV. Frais d'exploitation et prix de revient du kilowatt-heure. — Nous donnons dans le tableau ci-dessous le relevé financier d'exploitation relatif à une année. La rubrique dépenses d'installation comprend les dépenses nouvelles et celles relatives à la réfection du vieux matériel. En résumé, on a produit 67 500 kilowatts-heure auxquels correspondent 78 100 lampes-heure. Le kilowatt-heure, aux bornes du tableau, non compris les charges du capital de premier établissement, revient à 0,253 fr. ; la lampe-heure, à 0,275 fr. Mais si on fait entrer en ligne de compte l'intérêt et l'amortissement du capital, ces chiffres s'élèvent respectivement à 0,297 fr. et 0,358 fr. ou encore à 0,975 fr. la bougie-an pour l'ancienne installation et seulement 0,487 fr pour la nouvelle, ce qui donne pour l'ensemble une moyenne de 0,732 fr pour la bougie-an. Ces résultats sont particulièrement remarquables.

L'éclairage électrique de la gare des marchandises de Matzleinsdorf dépendant des chemins de fer du Sud de Vienne (ligne Vienne-Trieste), par **Carl Jordan**, *Zeitschrift fur Elektrotechnik*, t. XX, p. 394, 10 août 1902.

Cette installation est le complément de celle décrite ci-dessus. L'usine génératrice est située non loin de la chaufferie, dont il a été question dans le précédent article.

Elle devra fournir l'énergie électrique : 1° à 50 lampes à arc de 20 ampères actuellement en service ; 2° à une sous-station qui complètera l'éclairage de la gare des chemins de fer du Sud avec 12 lampes de 20 ampères et 12 lampes de 16 ampères ; 3° à un atelier d'une puissance de 34 chevaux qui fonctionnera dans la chaufferie même. La ligne la plus importante s'étend dans la direction du Sud sur une longueur de 4 km jusqu'à la station de Meidling, en passant par Matzleinsdorf. Il y aura lieu de faire une comparaison intéressante entre ces deux installations, la première en date utilisant le gaz, comme force motrice ; la seconde, au contraire, fonctionne à la vapeur.

I. Machines motrices et génératrices. — 1) *Chaudières et moteurs.* — Il y a deux batteries de chaudières tubulaires timbrées à 10 atmosphères, présentant une surface totale de chauffe de 100 m², avec un surchauffeur de 10 m². Les deux moteurs compound sont du type vertical et d'une puissance individuelle de 100 chevaux ; un seul est en service, l'autre sert de réserve. Les constantes pour chacun des moteurs sont : diamètre du cylindre haute pression, 300 mm ; diamètre du cylindre basse pression, 450 mm ; course du piston, 350 mm ; pression de la vapeur (maximum), 10 atmosphères ; nombre de tours : minute, 210 ; diamètre des poulies, 2 000 mm ; La pression initiale étant de 7 atmosphères, la puissance développée est :

Pour une admission de . .	35	40	45	50 p. 100
Chevaux indiqués. . . .	103	115	127	140
» effectifs	90	100	110	120

Les distributeurs haute et basse pression sont respectivement des systèmes « Dörfel-Pröll » et » Corliss ».

2) *Génératrices.* — Les génératrices sont des alternateurs triphasés du type O_{80} de la maison Ganz et Cie. Leurs constantes sont :

Puissance, 80 kilowatts; tension composée, 250 volts; intensité du courant, 89 ampères; alternances par minute, 5 000; nombre de tours : minutes, 630; diamètre des poulies, 640 mm; excitation, 18 ampères et 110 volts. L'excitatrice est une dynamo-shunt avec induit en tambour, calée sur le même arbre que la génératrice. Elle porte des balais en charbon d'où le courant est conduit aux inducteurs par un canal percé suivant l'axe de l'alternateur.

Celui-ci est du type à pôles intérieurs rapportés; il y en a 8 en tôle feuilletée.

Les trois phases sont groupées en étoile avec le centre à la terre, mais les bobines d'une même phase sont connectées en série. On a monté l'ensemble sur des rails tendeurs.

II. Isolement de l'installation. — Nous passerons sous silence tout ce qui concerne le tableau de distribution et le réseau où on retrouve à peu près les mêmes procédés que ceux déjà décrits. Les essais d'isolement ont été particulièrement favorables et nous les résumons rapidement ci-dessous. Isolement des feeders entre eux, 50 mégohms; isolement des génératrices par rapport au fer, 120 mégohms; des excitatrices, 1 mégohm. Isolement du transformateur de 30 kilowatts par rapport au fer; enroulement primaire, 420 mégohms; enroulement secondaire, 270 mégohms; primaire et secondaire entre eux, 600 mégohms.

III. Exploitation. — Les essais de réception et le relevé des comptes d'exploitation, relatifs à une longue période en marche normale, ont fourni les données suivantes :

Chaudières.

Dépense de charbon par cheval-heure indiqué	3,3 kg
Dépense d'eau d'alimentation par cheval-heure indiqué	11,2 litres
Tension moyenne de la vapeur	9 atmosph.
Température de la vapeur (surchauffe de 91° C.)	270° C.
Charbon de Trifailer concassé, pouvoir calorique	4 300

Moteurs à vapeur.

Consommation de vapeur par cheval-heure indiqué	10,8 kg
Consommation de la pompe d'alimentation par heure	30 litres

La puissance des moteurs était relevée : au cylindre haute pression par 2 indicateurs système Crosby, au cylindre basse pression par 2 indicateurs système Schœffer et Budenberg.

A pleine charge chevaux indiqués 125.

La puissance correspondant au fonctionnement actuel est :

Chevaux indiqués	103,35
Chevaux effectifs	89,9
Rendement	87 p 100
Tension au receiver	1,3 kg : cm²
Tension moyenne à l'admission	9 atmosph.
Vitesse du piston	2,46 m
Nombre de tours par minute	212

Génératrices.

Tension moyenne	950 volts
Nombre de tours par minute	636
Rendement	85 p. 100

Elles ne travaillent, pour le moment, qu'avec 70 p. 100 de la charge normale. La puissance aux bornes du tableau, y compris les pertes dans les transmissions, marche à vide, échauffement, frottement, etc., est de 75 kilowatts.

Les pertes dans les transformateurs et dans la ligne s'élèvent à environ 11 p. 100.

IV. Frais d'exploitation et prix de revient du kilowatt-heure. — L'installation a fonctionné, dans le cours d'une année, 4 005 heures, ce qui correspond à une production d'énergie de 184 500 kilowatts : heure ou une durée d'éclairage de 235 500 lampes-heure.

Le kilowatt-heure, aux bornes du tableau, non compris les charges de premier établissement. revient à 0,139 fr; la lampe-heure, à 0,156 fr. Mais si, comme dans la précédenté installation, on fait entrer en ligne de compte toutes les charges, ces chiffres s'élèvent respectivement à 0,174 et 0,210 fr. L'auteur estime le rendement lumineux à 107 400 bougies; la bougie-an reviendrait à 0,50 fr. D'après ces résultats, il semblerait que la vapeur soit préférable au gaz; or il ne faut pas oublier que cette dernière installation utilise un vieux matériel qui influence considérablement le rendement. Les nombres qu'il convient de comparer sont 0,487 et 0,50 et la comparaison est alors tout à l'avantage du moteur à gaz récent. Nous donnons dans les tableaux ci-dessous le détail des dépenses afférentes à chacun des systèmes.

Récapitulation des frais d'exploitation relatifs a une année

Gaz.

Production de l'énergie 67 500 kilowatts-heure.	Dépense totale Fr.	Prix de revient du kw. Fr
1. Consommation de gaz : 86 620 m³ à 0,11 fr le m³. .	11 146,66	0,167
2. Eau : 11 700 m³ à 0,0368 fr le mètre cube	430,56	0,006
3. Graissage : 2 kg à 0,644 fr le kilogramme	1 288,00	0,019
4. Nettoyages.	110,40	0,002
5. Personnel	3 017,60	0,043
6. Entretien : 3 p. 100 des dépenses d'installation. . . :	1 110,56	0,016
a. Frais de production proprement dits.	17 123,78	**0,253**
7. Charges de l'installation : 8 p. 100 du capital	2 968,16	0,044
c. Dépense totale	20 091,94	**0,297**

Utilisation de l'énergie : 78 100 lampes-heure		Lampe: heure
1. Service des lampes	1 656,00	0,021
2. Charbons	1 748,00	0,022
3. Entretien : 3 p. 100 des dépenses d'installation. . . .	988,08	0,012
b. Frais d'utilisation proprement dits.	4 392,08	0,055
4. Charges de l'installation : 8 p. 100 du capital	2 634,88	0,033
d. Dépense totale. . . .	7 026,96	0,033
Sommes *a* et *b*	21 515,86	**0,275**
Sommes *c* et *d*	27 118,90	**0,358**

Vapeur.

Production de l'énergie 184 500 kilowatts-heure.	Dépense totale Fr.	Prix de revient du kw : h. Fr.
1. Charbon Trifailer, 1375 t. à 10,37 fr.	14 260	0,077
2. Eau d'alimentation, 4605,75 m³ à 0,37 fr	169	0,001
3. Graissage.	1 922	0,012
4. Nettoyages	644	0,003
5. Personnel	6 348	0,034
6. Entretien, 3 p. 100 des dépenses d'installation. . .	2 355	0,012
a. Frais de production proprement dits	25 698	**0,139**
7. Charges de l'installation, 8 p. 100 du capital . . .	6 274	0,034
c. Dépense totale	31 972	**0,174**

Utilisation de l'énergie 235 500 lampes : heure		Lampe : heure
1. Service des lampes	4 176	0,017
2. Charbons	4 600	0,018
3. Accessoires	138	0,001
4. Entretien, 3 p. 100 des dépenses d'installation. . .	2 346	0,012
b. Frais d'utilisation proprement dits	11 260	0,048
5. Charges de l'installation, 8 p. 100 du capital . . .	6 256	0,025
d. Dépense totale.	17 516	0,073
Sommes *a* et *b*	36 958	**0,156**
Sommes *c* et *d*	49 488	**0,210**

T. Pausert.

ÉLECTROCHIMIE

Recherches sur l'attaquabilité du platine et du platine-iridium dans l'électrolyse de l'acide chlorhydrique, par **F. Bran**. *Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. VIII, p. 197, 10 avril 1902.

Les recherches de Haber et Grinberg ont montré que le platine et le platine-iridium employés comme anodes s'attaquent plus difficilement dans les solutions de chlorure de sodium que dans celles d'acide chlorhydrique, plus facilement dans les solutions concentrées que dans les solutions étendues et qu'enfin cette attaque est plus rapide à chaud qu'à froid.

L'auteur étudie ici l'influence de la densité de courant. Appliquant tout d'abord la formule de Van't Hoff-Bredig, il conclut que le passage du platine à l'état d'ions se fait d'autant plus facilement que la concentration des ions-chlore est plus grande. Comme, d'autre part, l'appauvrissement en ions-chlore se fait d'autant plus fortement que la densité de courant anodique est plus élevée, on peut en déduire que l'attaque du platine doit diminuer avec la densité de courant.

La vérification expérimentale a été effectuée par l'auteur à l'aide de platine provenant de la maison W.-C. Heraeus, de Hanau. Comme électrolyte, il employait 500 cm³ d'acide chlorhydrique pur, de concentration variable. Dans le

tableau I qui indique les résultats obtenus, les colonnes I se rapportent au platine chimiquement pur, et II au platine industriel. La densité de courant était 1/35 ampère par centimètre carré (Haber et Grinberg employaient 1/1 et 2/1 ampère par centimètre carré).

TABLEAU I

Numéro de l'essai	Densité (de l'acide chlorhydrique)	Concentration en p. 100 (de l'acide chlorhydrique)	Nombre d'ampères-heure	Quantité de platine précipité de la solution après électrolyse. I	II	Platine dissous en grammes par amp.-heure. I	II	Platine dissous en p. 100 de l'équivalent de courant par amp.-heure. I	II	Température en degrés C. I	II	Couleur de l'électrolyte. I	II
essai préliminaire	1,165	32,49	2,39	0,3842	0,3853	0,1607	0,1612	8,86	8,89	23-25	25-26,8	jaune clair.	jaune rouge.
1*a*	1,165	32,49	4,579	0,8968	—	0,1944	—	10,72	--	25	—	jaune.	—
1*b*	1,165	32,49	3,618	—	0,8562	—	0,2366	—	13,05	—	25	—	jaune rouge.
1*c*	1,165	32,49	2,652	0,5194	0,6583	0,1958	0,2426	10,79	13,37	25	25	jaune.	id.
1*d*	1,165	32,49	4,948	0,4731	0,6791	0,0956	0,1378	5,27	7,57	20	20	jaune clair.	jaune foncé.
2	1,152	29,95	4,141	0,7806	0,9104	0,1885	0,2198	10,39	12,12	25	25	id.	jaune rouge.
3	1,130	25,75	4,138	0,5615	0,6215	0,1357	0,1502	7,48	8,28	25	25	id.	id.
4	1,10	20,01	4,036	0,0748	0,0730	0,0185•	0,0180	1,02	0,997	23,4	26,4	id.	id.
5	1,087	16,25	4,377	0,0048	0,0077	0,00109	0,00176	0,06	0,09	24,5	27,2	vert Cl.	vert Cl.
6	1,055	11,18	4,49	0,0013	0,0028	0,0003	0,00067	0,018	0,037	24,2	24,2	id.	id.
7	1,025	5,15	15,216	Quantité de platine non dosable.						20 à 25		vert clair Cl.	vert clair Cl.
8	1,165	32,49	courant de chlore pendant 4 heures	0,0114	0,0245	—	—	—	—	20 à 25		jaune clair.	jaune foncé.

TABLEAU II

Numéro de l'essai	Densité	Concentration en p. 100	Nombre d'ampères-heure	Quantité I	Quantité II	g/amp.-h I	g/amp.-h II	p. 100 I	p. 100 II	Temp. I	Temp. II	Couleur I	Couleur II
9	1,165	32,49	3,947	00968[1]	0,0136	0,0245	0,0034	1,35	0,19	27,2	27,2	rouge brun.	jaune clair.
10	1,152	29,95	3,665	0,1472	0,0091	0,0402	0,0025	2,21	0,136	25,5	27	brun rouge.	id.
11	1,130	25,75	3,901	0,0131	0,0054	0,0034	0,0014	0,18	0,076	22,8	22,8	vert Cl.	vert Cl.
12	1,10	20,01	4,389	0,0012	0,0005	0,0003	0,0001	0,015	0,006	21,8	21,8	id.	id.

(1) L'anode était fraichement polie. La valeur est ainsi un peu plus petite qu'avec des anodes usagées.

Dans le tableau II, les électrodes employées étaient en platine-iridium à 10 p. 100 d'iridium pour I et 25 p. 100 pour II.

Les données de ces deux tableaux permettent de constater l'influence frappante de la densité de courant, en comparant avec les chiffres de Haber et Grinberg. Ces auteurs ont trouvé que le platine pur est inattaqué dans l'acide chlorhydrique à 30 p. 100 et à la température 16,5 à 18,3 degrés C. pour une densité de courant anodique de 2 ampères par centimètre carré. Dans les mêmes conditions, l'attaque constatée ici est beaucoup plus élevée par suite de l'emploi d'une densité de courant plus faible.

D'autres essais ont été d'ailleurs entrepris en employant la densité de courant 1 ampère par centimètre carré, comme dans les recherches de Haber et Grinberg. Dans le tableau III qui

TABLEAU III

Numéro de l'essai	Poids spécifique de HCl	Concentration en p. 100 de HCl	Nombre d'amp.-heure	Variation de poids de l'anode, en grammes. I	II	Variation de poids de la cathode, en grammes. I	II	Variation totale du poids des deux électrodes. I	II	Métal trouvé dans l'électrolyte. I	II	Platine passé dans l'électrolyte en grammes par ampères-heure. I	II	Platine passé dans l'électrolyte en p. 100 de l'équivalent de courant par amp.-h. I	II	Température en degrés C. I	II
13	1,165	32,49	4,066	—0,0251	—0,0031	+0,0011	—0,0016	—0,0240	—0,0047	0,0236	0,0050	0,0058	0,00123	0,32	0,068	25	25
14	1,152	29,95	4,695	—0,0068	—0,0006	—0,0015	—0,0008	—0,0083	—0,0014	0,0083	0,0020	0,0018	0,0004	0,09	0,02	25	25
15	1,130	25,75	4,287	—0,0004	—0,0002	—0,0017	—0,0009	—0,0021	—0,0011	0,0021	0,0021	0,0005	0,0005	0,026	0,026	25	25

résume les résultats obtenus, les colonnes I se rapportent aux anodes en platine pur, et II, aux anodes en platine industriel. Avec cette densité de courant, le platine-iridium est trop inattaquable pour pouvoir donner des valeurs appréciables.

Ces essais concordent bien avec ceux de Haber et Grinberg. Ils montrent nettement l'influence de la densité du courant sur l'attaquabilité du platine. L. J.

Procédé Dessolle pour le cuivrage du fer et du zinc. *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, t. CIII, p. 46-54, 31 juillet 1902.

Ce procédé, déjà signalé dans ce journal d'après un brevet anglais [1], a été récemment l'objet d'un rapport très élogieux de M. Hippolyte Fontaine au comité des Arts économiques de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale.

Dans ce rapport, M. Fontaine fait connaître, après un historique succinct de la question [2],

---

[1] *Écl. Élect.* t. XX, p. 356, 2 sept. 1899.

[2] Pour être bien comprise, dit le rapporteur, la description du procédé Dessolle doit être précédée d'une revue des anciennes méthodes de cuivrage. Sans remonter d'ailleurs aux travaux de Ruolz et d'Elkington, véritables promoteurs de cette industrie, il suffira de rappeler le principe des méthodes dues à Oudry, Weill, Gaudain et Wilde, prédécesseurs immédiats de M. Dessolle.

Procédé Oudry. -- Avant de soumettre les pièces à l'action du courant, Oudry les enduisait soit d'une couche de vernis plombaginé, soit d'une couche épaisse d'huile chaude contenant du cuivre pulvérisé. Le cuivre qu'on déposait ensuite n'avait d'autre solidité que celle résultant de sa propre consistance et il fallait naturellement, pour en assurer la durée, lui donner une assez forte épaisseur. Cela augmentait beaucoup le prix de revient et la durée de l'opération. Le cuivrage se faisait dans des bains simples produisant eux-mêmes le courant nécessaire, et l'opération durait des mois entiers. A part le défaut d'adhérence, le principal inconvénient du système était d'exiger un matériel considérable et d'empâter les ornements des objets artistiques. Malgré cela le procédé Oudry fut longtemps considéré comme le seul réellement pratique. C'est lui qui a servi à cuivrer les fontaines monumentales de la Place de la Concorde et presque tous les candélabres servant à l'éclairage public de la Ville de Paris.

Procédé Weill. — Avant de cuivrer les fontes artistiques, Weill les décapait dans un bain de sulfate de cuivre, alcalinisé par la soude caustique. L'excès d'alcali avait pour effet de maintenir le cuivre en dissolution et d'empêcher la fonte d'être attaquée par l'acide.

Les solutions alcalino-organiques dissolvaient l'oxyde

les principaux dispositifs de l'outillage et la composition des bains adoptés par M. Dessolle dans son usine de Levallois, pour obtenir un dépôt métallique, épais et homogène, avec une durée d'opération relativement très courte.

Pour arriver à ce résultat, M. Dessolle produit une circulation très active de l'électrolyte en projetant celui-ci sous pression contre la surface des objets à cuivrer. Mais l'application de ce principe a nécessité l'étude d'un matériel électrolytique assez compliqué et la création d'un outillage spécial pour la préparation et l'achèvement du travail.

Sans entrer dans des détails trop minutieux ni parler des tours de main professionnels qui varient d'une usine à l'autre, M. Fontaine résume les principales opérations effectuées à Levallois.

On peut diviser le travail du cuivrage à Levallois en cinq parties distinctes, savoir :

de fer et donnaient au dépôt une adhérence bien complète sur le métal.

Les objets étaient suspendus dans les bains par des fils de zinc et le courant était produit par la dissolution du zinc dans l'alcool.

Nous avons vu des pièces parfaitement cuivrées par Weill lui-même ; mais nous ne connaissons pas d'applications industrielles de son procédé.

Procédé Gauduin. — Le procédé Gauduin, mis au point par Ernest Cadiat, est basé comme le précédent sur l'emploi d'acides organiques combinés aux oxydes de cuivre à l'état de sels doubles; avec cette différence essentielle, qu'au lieu de soude on emploie de l'ammoniaque qui donne aux bains une grande conductibilité.

Ce procédé, caractérisé par l'emploi d'oxalate ammoniacal de cuivre, pour électrolyte du bain préparatoire, est exploité avec succès par la société des fonderies du Val-d'Osne depuis plus de vingt ans.

Procédé Wilde. — Les trois procédés dont nous venons de parler ne produisent de bons effets qu'à la condition d'être employés avec de faibles régimes de courant. Wilde, qui s'occupait du cuivrage à forte épaisseur des rouleaux d'impression, dut renoncer à leur usage et il eut l'idée, après avoir réalisé un premier dépôt très adhérent, de placer les rouleaux verticalement entre deux anodes et de les animer d'un rapide mouvement de rotation. Il supprima ainsi toute polarisation et débarrassa les anodes et les rouleaux de toutes les impuretés qui y stationnaient, lorsque ces derniers étaient à l'état de repos.

Appliqué en grand dans une manufacture de Manchester, le procédé Wilde produit les meilleurs rouleaux d'impression qui soient connus ; on les préfère même aux rouleaux de cuivre massif. Le seul reproche qu'on puisse adresser au procédé c'est qu'il n'est pas applicable aux pièces plates ni à celles qui ne se répètent pas un grand nombre de fois.

1° Opérations préliminaires ; 2° Mise au bain d'adhérence ; 3° Revision des pièces ; 4° Mise au bain principal ; 5° Opérations finales.

Opérations préliminaires. — Avant leur mise aux bains de cuivre, tous les objets sont débarrassés des corps étrangers dont ils sont toujours recouverts. Ce nettoyage se fait à sec ou dans un bain acide. A Levallois, on emploie presque toujours le premier de ces moyens qui a l'avantage de ne pas modifier la nature physique du métal. On sait, en effet, qu'une pièce de fer, de fonte ou d'acier décapée dans un bain acide, perd une partie appréciable de sa résistance mécanique.

Le décapage à sec est obtenu au moyen d'un jet de sable par l'air comprimé. On l'effectue dans un atelier séparé, muni d'un compresseur d'air et de tuyères convenablement agencées. Les hommes préposés à ce travail sont mis, autant que faire se peut, à l'abri des poussières de toutes sortes provenant des jets de sable qui frappent très violemment les objets à cuivrer. L'opération est extrêmement rapide ; tous les corps étrangers : oxydes, graisses, terres, etc., qui salissaient la surface de ces objets, disparaissent à vue d'œil et la pièce prend presque instantanément une teinte uniforme d'une remarquable netteté.

Pour préparer certaines pièces à fins contours ou pourvues d'ornements délicats que le jet de sable pourrait altérer, on procède par dégraissage et décapage à l'acide. La série d'opérations nécessitées pour cette préparation : brossage à la pierre ponce en poudre ou à la bouillie chaude de blanc d'Espagne ; mise au bain d'acide sulfurique étendu ; nouveau frottage à la pierre ponce mouillée, etc., sont identiques à celles exécutées dans les autres ateliers de dépôts galvaniques. On peut seulement dire que le succès du cuivrage dépendant surtout des soins donnés au décapage, rien n'est négligé à Levallois pour assurer la complète efficacité des opérations préliminaires.

Bain d'adhérence. — Ce bain (ainsi nommé parce que son action doit surtout assurer la parfaite adhérence du cuivre au métal sous-jacent) est neutre. En voici la composition :

Cyanure double de potassium et de cuivre	4 parties
Cyanure pur de potassium	0,5 —
Ammoniaque.	0,5 —
Eau	94 —

Le régime de courant employé dans ce bain est de 30 ampères par mètre carré.

L'ammoniaque libre fait disparaître les dernières traces d'oxyde qui auraient pu résister au décapage.

A Levallois, le bain d'adhérence ne possède pas les tuyères pour la projection du liquide contre les électrodes. Dans l'installation plus récente de Birmingham, cette projection ayant produit de très bons effets, M. Dessolle va la réaliser à Levallois.

Revision des pièces. — En sortant du bain neutre, les pièces sont examinées les unes après les autres, avec beaucoup d'attention, par un ouvrier habile qui procède au bouchage des trous, s'il en existe. Quand ces trous sont petits et sans profondeur, un peu de soudure d'étain suffit pour les combler. S'ils sont plus grands, on les remplit avec de l'étain obtenu par électrolyse dans une solution d'acide sulfurique à 10 p. 100. On place dans cette solution deux plaques d'étain comme électrodes et on fait passer entre elles un courant sous environ 4 volts de différence de potentiel. Il se dépose alors sur la cathode une sorte de mousse d'étain pur, très plastique, convenant parfaitement au remplissage des trous et des fissures de n'importe quelles dimensions.

La révision des objets, avant leur cuivrage à épaisseur, se fait avec le plus grand soin, car s'il restait sur les pièces des cavités non bouchées, on risquerait d'être obligé de tout recommencer, ce qui présenterait de grandes difficultés.

Bain principal. — Cette révision terminée, les pièces sont portées dans le bain principal pour recevoir la couche épaisse de cuivre.

Ce bain est acide.

En voici la composition :

Sulfate de cuivre cristallisé. . .	12	parties
Acide sulfurique libre à 66°. . .	3	—
Eau	85	—

C'est dans ce bain que sont disposés les ajutages lançant des jets énergiques du liquide sur les surfaces des anodes et des pièces à cuivrer.

Les jets constituent, comme il a été dit, la partie caractéristique du procédé. Grâce à eux, les surfaces des deux électrodes sont continuellement débarrassées des gaz et des impuretés du bain, ce qui permet de travailler avec un régime de courant très élevé. Les surfaces cuivrées qui, avec les anciennes méthodes, étaient parsemées d'aspérités, de rides et de taches, sont, au sortir de ce bain, d'une belle teinte claire et tout à fait lisses.

Durée d'immersion. — L'acidité du bain et le lavage continuel des surfaces donnent au dépôt l'adhérence, la solidité et la régularité.

Lorsqu'on travaillait avec des bains simples, il fallait un temps très long pour cuivrer à épaisseur, parce qu'il n'était pas possible d'obtenir un régime supérieur à quelques ampères par mètre carré. Avec des dynamos, les industriels n'ayant plus à s'occuper que de la qualité du cuivre déposé, le régime de 10 ampères, qui correspond à un dépôt de un dixième de millimètre en 100 heures fut généralement adopté. Au Val-d'Osne, avec la méthode de Gauduin, on put, sans inconvénient, tripler ce régime et déposer par conséquent une couche de cuivre de trois dixièmes de millimètre dans le même temps. Quand les spécialistes voulurent dépasser ce régime, ils n'obtinrent qu'un mauvais résultat.

Lorsque le dépôt devait atteindre 1 mm d'épaisseur, par exemple, le problème devenait encore plus difficile et il était nécessaire de marcher à très faible régime et, par suite, d'augmenter considérablement la durée de l'opération pour en assurer le succès. Ce n'était ni par heure ni par jour qu'il fallait compter, mais par semaines et par mois.

M. Dessolle, avec ses jets sur les électrodes, est parvenu à obtenir un bon dépôt avec le régime vraiment colossal de 750 ampères, lequel correspond à une épaisseur de dépôt d'un dixième de millimètre en une heure et demie et de 1 mm en 15 heures.

Cette rapidité de travail, qui n'est pas préjudiciable à la qualité du cuivre déposé, a pour conséquence directe une forte réduction dans les frais généraux. Elle est donc de nature à provoquer un grand développement dans l'industrie des dépôts électrolytiques.

Chauffage et circulation du liquide. — Le chauffage des bains joue également un rôle important dans le procédé Dessolle. Il est obtenu à Levallois au moyen d'un calorifère à vapeur et de tuyaux placés dans l'intérieur des cuves. La température est maintenue à 35° C. pour les bains de cuivrage à épaisseur et à 50° pour les bains d'adhérence.

Le liquide, sans cesse apporté par les ajutages dans le bain d'épaisseur, s'écoule par un trop-plein dans des tuyaux qui l'amènent à une grande citerne centrale installée au sous-sol. De là il est repris par une pompe en bois et élevé dans un réservoir placé à 5 m en dessus du niveau des cuves, de manière à donner aux jets une assez forte pression. Le choix exclusif du bois dans la construction de la pompe a été dicté par l'expérience. Dans les usines où les pompes de circulation sont en métal, il faut sans cesse en réparer les organes, alors même que le métal employé n'est pas attaqué par les acides. Il se produit, en effet, des actions électrolytiques (engendrées par des dérivations) impossibles à éviter, qui détériorent rapidement les joints et les pièces métalliques en mouvement. Avec des pompes en bois, rien de tout cela n'a lieu, et le service est assuré pendant plusieurs mois sans qu'on ait besoin de s'occuper de la circulation : aucune fuite, aucune usure ne se manifeste. C'est là un simple détail de construction, mais il indique que rien n'a été négligé dans l'étude du matériel.

Opérations finales. — Ici, comme en argenture, en dorure ou en nickelage, les opérations finales peuvent se résumer en trois mots : séchage, polissage, patinage. M. Dessolle, qui connaît toute l'importance commerciale d'un beau finissage, s'est attaché à donner un aspect très satisfaisant aux objets de sa fabrication, mais comme il n'a pas imaginé de nouvelles méthodes dans cette partie du travail, il est inutile d'entrer dans le détail des opérations qui précèdent la livraison.

Outillage de l'usine de Levallois-Perret. — L'usine de Levallois n'est pas grande. Elle occupe peu d'ouvriers, mais elle présente un intérêt tout particulier au spécialiste qui veut se rendre compte du procédé Dessolle, car tout y a été combiné pour lui donner une supériorité sur les anciennes méthodes.

Le matériel permet de cuivrer des tôles de grandes dimensions et des fontes d'art pesant jusqu'à 5 tonnes. La capacité totale des cuves dépasse 80 m³. Les bains principaux contiennent 20 m³ de liquide ; ils ont 6,20 m de longueur, 2,50 m de largeur et 1,50 m de profondeur.

Les cuves sont reliées aux dynamos par des conducteurs de fortes sections de manière à éviter de trop grandes pertes d'énergie.

L'ensemble des services électrique et mécanique est assuré par une machine à vapeur de 100 chevaux.

Plusieurs dynamos, dont la principale produit un courant de 4 000 ampères sous 3 volts, servent aux opérations électrolytiques, à la production de la lumière et à la distribution de la force motrice pour les pompes, le compresseur d'air, les tours à polir, etc.

Prix du cuivrage. — Le prix de revient du cuivrage varie avec le cours du métal, la dimension et la répétition des pièces, l'épaisseur du dépôt et la plus ou moins grande difficulté des opérations préalables et finales.

A très forte épaisseur, pour un travail analogue à celui des rouleaux d'impression, le prix du façonnage auquel il convient d'ajouter celui du métal, ne dépasse pas 2 fr le kilogramme de dépôt, quelle que soit d'ailleurs la méthode de cuivrage en usage. La supériorité économique du procédé Dessolle réside dans la parfaite adhérence du dépôt avec l'objet à cuivrer, ce qui permet d'opérer à faible épaisseur, tout en assurant la durée de la couche protectrice de cuivre.

Prenons comme exemple un candélabre de la ville de Paris qui coûtait 112 fr de cuivrage à l'usine Oudry, à Auteuil, et qui ne coûte que 45 fr à l'usine de M. Dessolle, à Levallois. Reste à savoir lequel des deux candélabres aura la plus grande durée avant la réfection de son revêtement de cuivre. Pour les produits d'Auteuil on est depuis longtemps fixé. On le sera plus tard pour ceux de Levallois, la Ville ayant fait installer un des nouveaux candélabres rue de Rivoli, à l'angle de la rue de la Coutellerie. Tout porte à croire que le résultat sera favorable à M. Dessolle.

Le prix de cuivrage des tôles, sur les deux faces, est de 3,75 fr le mètre carré pour une épaisseur de deux centièmes de millimètre et de 20 fr pour une épaisseur de deux dixièmes de millimètre, ce qui correspond approximativement à 5 fr le kilogramme.

Le cuivrage de fontes ornées pour bâtiments : balcons, portes, balustrades, etc., se paie, à Levallois, sur la base de 30 fr en moyenne, par 100 kg de pièces cuivrées.

Applications. — Les applications auxquelles donne lieu le procédé Dessolle sont déjà nombreuses. Il est très probable qu'elles se déve-

lopperont au fur et à mesure que les qualités du dépôt et son prix modéré seront plus connus.

L'usine de Levallois est principalement occupée au cuivrage des tôles et des fers, d'appareils de papeterie, de matériel de raffinerie de sucre, de fontes pour le bâtiment et de pièces pour la carrosserie, les chemins de fer et l'art militaire.

Au point de vue de la nouveauté il faut citer, d'une manière spéciale, les applications pour la marine de l'Etat et notamment le cuivrage des carènes de navire et des tubes en acier. Des essais concluants viennent d'être réalisés pour le revêtement des carènes; les plaques cuivrées formant les éléments de carène ont été assemblées au moyen de rivets cuivrés. Le matage des joints s'est opéré sans qu'il se produise aucune lésion sur la couche de cuivre déposé. Les rivets ont également conservé le cuivre déposé après leur écrasement à chaud.

De toutes les applications celle qui prendra peut-être le plus de développement c'est le cuivrage de l'intérieur des tubes d'acier ou de fer.

A la suite de nombreux accidents causés par des déchirures dans les conduits de vapeur des navires de guerre, les ingénieurs de la marine se sont préoccupés des moyens de parer à ces graves inconvénients et ont commencé par substituer des tubes d'acier aux tubes de cuivre dans les grandes canalisations de vapeur, mais ils n'ont pas tardé à s'apercevoir que si l'acier résistait mieux aux grandes pressions, les nouveaux tubes s'oxydaient et se piquaient rapidement au dedans. C'est alors qu'ils ont songé à cuivrer l'intérieur des tubes d'acier, le cuivre résistant beaucoup mieux que l'acier aux effets destructifs de la vapeur.

Le problème était difficile à résoudre, surtout pour les longs tubes de faible diamètre, car il est à remarquer que le revêtement de cuivre ne souffrait pas le plus petit défaut et qu'on voulait, non une fausse sécurité, mais une certitude absolue dans la durée du tube. Pour arriver à un résultat satisfaisant, M. Dessolle a dû créer un outil pour décaper au sable l'intérieur des tubes. Grâce à cet outil, il est parvenu à cuivrer convenablement des tubes d'acier de 4,20 m de longueur et de 0,06 m de diamètre intérieur.

Par le même moyen, il a cuivré, pour le Creusot, l'intérieur des cylindres des affûts de canons hydropneumatiques.

Ceci est encore trop nouveau pour qu'il soit possible d'en tirer des conséquences définitives, mais les travaux précédemment exécutés par l'inventeur sont de nature à inspirer confiance dans le succès final de ces diverses applications.

En résumé, conclut M. Fontaine, les procédés de cuivrage imaginés et mis en pratique par M. Louis Dessolle marquent un important progrès dans l'industrie des dépôts électrolytiques [1].

DIVERS

Au sujet des oscillations électriques, par **G. Morera**. *Il Nuovo Cimento*, t. III. p. 382.mai 1902.

La formule de Thomson relative à la décharge de deux conducteurs, n'est applicable qu'au cas où ceux-ci forment un condensateur parfait. L'auteur obtient de la façon suivante une formule générale :

Soient 2 conducteurs isolés, en équilibre électrique; p_1 et p_2 leurs potentiels, q_1 et q_2 leurs charges :

$$q_1 = a_{11} p_1 + a_{12} p_2$$
$$q_2 = a_{21} p_1 + a_{22} p_2$$

et $a_{12} = a_{21}$, soit $-\Gamma$ la valeur commune; soient γ_1, γ_2 les charges correspondant au cas où $p_1 = p_2 = 1$. On a :

$$q_1 = \Gamma(p_1 - p_2) + \gamma_1 p_1$$
$$q_2 = -\Gamma(p_1 - p_2) + \gamma_2 p_2$$

$-\Gamma$ est la charge induite dans un conducteur communiquant avec le sol quand l'autre est au potentiel 1. γ_1 et γ_2 sont les charges qu'il faudrait communiquer aux deux conducteurs pour qu'ils aient tous deux le potentiel 1.

Si l'on réunit les deux conducteurs par un fil de résistance R et de self-induction L, on a :

$$Ri + L\frac{di}{dt} = p_1 - p_2$$

D'où l'on déduit que la décharge sera oscillatoire si

$$2\sqrt{\frac{(\gamma_1 + \gamma_2)L}{\Gamma(\gamma_1 + \gamma_2) + \gamma_1\gamma_2}} > R$$

[1] Sur la proposition du Comité, une médaille de vermeil a été décernée à M. Desolle.

La période est alors

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{\gamma_1 + \gamma_2}{\Gamma(\gamma_1 + \gamma_2) + \gamma_1 \gamma_2} \cdot \frac{1}{L} - \frac{R^2}{4L^2}}}$$

Si les deux conducteurs constituent un condensateur symétrique, $\gamma_1 = \gamma_2$, et si cette valeur γ est négligeable devant Γ, on obtient la formule de Thomson.

Si, comme dans l'oscillateur de Hertz, les deux conducteurs sont sans influence sensible l'un sur l'autre, $\Gamma = 0$.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{1}{2} L\gamma}$$

L'auteur examine aussi le cas où, au lieu de relier les conducteurs, on met l'un d'eux en communication avec le sol. G. G.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET TECHNIQUES

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Dispositif Girard pour la régularisation du courant électrique fourni par un moteur à gaz, par **Lauriol** [1].

Dans cette communication, M. Lauriol, ingénieur en chef des services d'éclairage de la Ville de Paris, fait connaître un ingénieux dispositif appliqué par M. Girard pour régulariser le courant fourni par les moteurs à gaz de l'usine électrique municipale des Buttes-Chaumont.

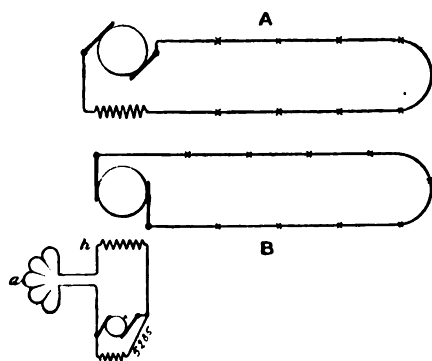


Fig. 1.

Cette usine électrique qui a subi successivement diverses modifications, comporte, sous sa dernière forme, abstraction faite des parties accessoires et des secours, un moteur à gaz Charron à un cylindre et à quatre temps de 30 kilowatts faisant 150 tours par minute, actionnant par courroie deux dynamos à courant continu de 10 ampères, 1 500 volts, qui desservent chacune un circuit d'arcs en série (fig. 1). L'une des dynamos A est du type Henrion à excitation en série, l'autre B du type Gramme avec excitatrice séparée calée sur l'extrémité de l'arbre, excitée elle-même en dérivation et fonctionnant sous 100 à 130 volts.

Dans les limites de puissance où l'on a à fonctionner, le réglage du moteur se fait, non par *tout* ou *rien*, mais par réduction de l'admission, en conservant une explosion par deux tours. Les variations de vitesse, pendant un tour à pleine puissance, atteignent environ 1,5 p. 100 de part et d'autre de la vitesse moyenne, soit 3 p. 100 d'écart total.

Lorsque tout cet ensemble a été mis en fonctionnement, on a constaté des fluctuations assez sensibles de la lumière, synchrones avec le cycle du moteur, c'est-à-dire se reproduisant une fois par deux tours. Avec une même dynamo les fluctuations sont très légèrement plus sensibles sur un circuit composé de lampes Pilsen que sur un circuit composé de lampes Kremenezki ; toutefois à l'œil la différence est peu appréciable. Mais les fluctuations dépendent surtout de la dynamo actionnant le circuit. Lorsque le moteur à gaz et les deux dynamos fonctionnent, quel que soit le type des lampes actionnées par chaque dynamo, on observe des fluctuations sensibles sur le circuit de la dynamo Gramme, tandis qu'elles sont insensibles sur le circuit de la dynamo Henrion. M. Girard, directeur de l'usine, a attribué cette différence à ce que la dynamo Henrion possède une inertie

[1] Cette communication a été faite à la séance du 4 juin 1902, dont *L'Éclairage Électrique* n'a pu donner immédiatement le compte rendu.

beaucoup plus grande que la dynamo Gramme et à ce que la transmission par courroie lui permet de ne pas suivre exactement les variations de vitesse du moteur. L'explication paraît assez vraisemblable. Des calculs sommaires donnent en effet les nombres suivants :

Travail moteur pendant un cycle . . .		3 000 kgm
Force vive emmagasinée à la vitesse moyenne dans :	le volant	91 000 »
	l'induit Gramme.	2 600 »
	l'induit Henrion.	16 900 »

M. Lauriol a, comme renseignement complémentaire, calculé l'écart entre un point de la périphérie du volant se déplaçant avec la vitesse vraie, variable pendant un cycle, et le même point se déplaçant avec une vitesse constante égale à la vitesse moyenne. Cet écart serait ici d'environ 0,015 m de part et d'autre de la position moyenne, soit 0,030 m en tout. Telle serait la différence à racheter par les allongements et contractions de la courroie, glissement, variation de flèche, etc. Si l'explication donnée est exacte, il semble qu'on devrait voir sur la courroie de la dynamo Henrion des flottements plus forts que sur celle de la dynamo Gramme. Le fait ne s'observe que d'une façon irrégulière.

MM. Lauriol et Girard se sont alors demandé s'il pouvait y avoir quelque effet de résonance purement mécanique. S'il en était ainsi, des variations de vitesse devraient modifier l'allure des oscillations ; il n'en a rien été pour des variations de vitesse de 10 p. 100 en plus et en moins de la vitesse normale [1].

Pour corriger les fluctuations de courant observées avec la machine Gramme, M. Girard a eu l'idée du dispositif suivant (fig. 1). Au moyen d'un rhéostat *a*, intercalé dans le circuit d'excitation et manœuvré par l'arbre *de distribu-*

[1] Les irrégularités étant constatées, il y avait tout d'abord à les mesurer. Dans ce but M. Girard a combiné

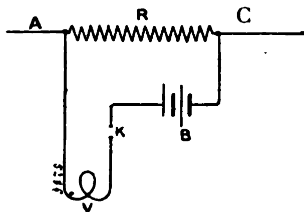


Fig. *a*.

un ondographe, analogue à celui de M. Hospitalier, mais approprié à la très basse fréquence des oscillations à mesurer. Le courant principal (fig. *a*) alimentant les arcs passe dans une faible résistance R aux bornes de laquelle vient se brancher un circuit dérivé passant dans un voltmètre enregistreur très amorti V. Une batterie d'accumulateurs B contrebalance la plus grande partie de la différence de potentiel aux bornes de R, de sorte qu'on mesure en réalité cette différence de potentiel (ou bien l'intensité qui traverse R) diminuée d'une quantité constante ; on obtient ainsi plus facilement un enregistrement à grande échelle des variations. Un commutateur K, manœuvré par l'arbre du moteur au moyen d'un engrenage, ferme le circuit AVC pendant une durée constante égale à une faible fraction de la durée du cycle du moteur et à des intervalles de temps égaux à $\frac{84}{85}$ de la durée du cycle. On a ainsi au bout de 85 cycles le tracé

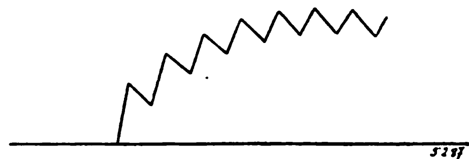


Fig. *b*.

d'une courbe représentant la variation pendant un cycle, étant admis, comme dans tous les appareils analogues, que les 85 cycles ont été sensiblement identiques.

L'aiguille du galvanomètre, partant du zéro, reçoit d'abord une série d'impulsions dans l'intervalle desquelles la force antagoniste tend à la ramener en arrière (fig. *b*). Au bout de quelques secondes, pour une valeur constante du courant, elle exécute une série d'oscillations toutes identiques entre elles, et un étalonnage de l'appareil permet de trouver la relation entre la position de l'aiguille et la valeur du courant. La relation est encore

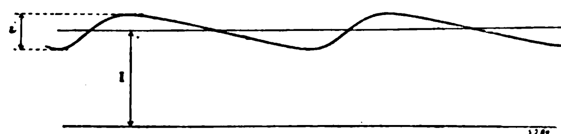


Fig. *c*.

sensiblement vraie lorsque l'aiguille, au lieu de recevoir des impulsions identiques, reçoit des impulsions lentement variables.

Avec la machine Gramme, non munie du rhéostat dont il sera question plus loin, on trouve, ainsi que la théorie peut le faire prévoir, des intensités périodiquement variables avec augmentation rapide et décroissance lente (fig. *c*). On peut laisser de côté les variations secondaires dues à l'inertie des pièces animées d'un mouvement de va-et-vient. Le seul point important à noter dans l'avenir sera l'importance relative des oscillations, le rapport $\frac{i}{I}$.

tion du moteur, faire varier périodiquement la résistance de ce circuit et par suite l'intensité dans ce circuit et le champ produit par les inducteurs *h*. En entraînant la dynamo principale à vitesse constante et en faisant lentement varier le courant d'excitation, on relève la caractéristique à vide, on détermine ainsi les résistances à introduire en *a* (fig. 1) pour obtenir une valeur donnée du champ. S'il y a lieu, on peut facilement tenir compte de l'hystérésis. En réglant le rhéostat de façon à faire varier le champ comme l'inverse de la vitesse, on aura une force électromotrice constante sur le circuit principal. La courbe du courant tracée par l'ondographe donne tout au moins la position des maxima et minina de vitesse, mais sur un circuit d'arcs l'intensité croît notablement plus vite que la force électromotrice et les oscillations du courant sont notablement supérieures à celles de la vitesse. La valeur approchée de ces oscillations de vitesse peut être calculée facilement d'après les données purement mécaniques du moteur et, en réduisant dans le rapport voulu les oscillations autour de la valeur moyenne, on peut déterminer la loi de variation de la vitesse.

Le rhéostat calculé d'après ces données n'a produit aucun amortissement appréciable des fluctuations. M. Girard a cherché expérimentalement si, en conservant le principe et en modifiant les dimensions du rhéostat, on arriverait à un résultat meilleur. Après quelques tâtonnements l'expérience a été couronnée de succès; les fluctuations de lumière ont été pratiquement éteintes, ce qui a correspondu à une réduction d'environ 2/3 sur les oscillations du courant dans les arcs; mais il a fallu pour cela : 1° donner au rhéostat une résistance quinze fois plus grande que celle à laquelle conduisait la théorie précédente; 2° au lieu de faire coïncider le maximum de résistance avec le maximum de vitesse, lui donner une avance d'environ 1/8 de cycle. Nous donnons (fig. 2), en fonction des angles décrits par l'arbre de distribution : n° 1, le rapport de la vitesse instantanée à la vitesse moyenne ; n° 2, le rapport de la résistance totale instantanée du circuit inducteur à sa valeur moyenne.

La caractéristique étant sensiblement rectiligne depuis l'origine jusqu'à la valeur moyenne de la force électromotrice, les courbes 1 et 2 devraient coïncider et comme amplitude et comme phase si la théorie indiquée plus haut était exacte.

On a supposé que la force électromotrice de l'excitatrice restait constante malgré les variations de vitesse, ce qui n'est pas exact. De ce chef, il faudrait peut-être doubler ou tripler les variations accusées par la courbe 1 pour éteindre complètement les variations de courant. Pour la réduction des 2/3 à laquelle on est arrivé, il

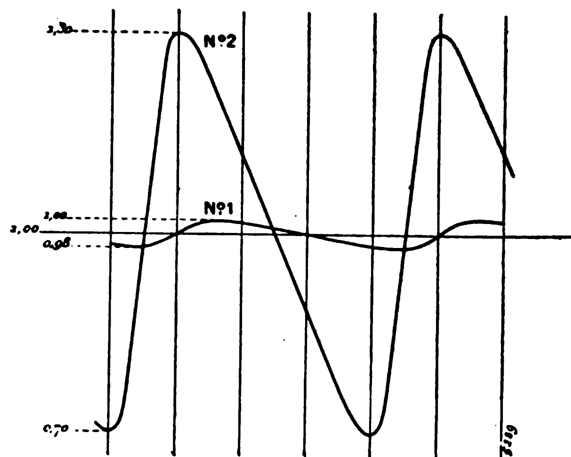


Fig. 2.

faudrait des variations relatives de résistance égales à une fois et demie ou deux fois, trois fois, au plus, les variations de la courbe 1; mais on n'obtiendrait jamais les amplitudes indiquées par la courbe 2, et en tout cas on n'obtiendrait pas le décalage indiqué sur la figure 2. MM. Lauriot et Girard ont recherché les motifs de cette discordance ([1]).

([1]) L'hystérésis, dit M. Lauriol, ne peut être invoqué à moins que les courbes d'hystérésis ne dépendent de la vitesse avec laquelle un cycle est parcouru. Sur ce point, ainsi que sur les autres phénomènes qui pourraient être dus à une sorte de viscosité magnétique du fer, nous n'avons pas de données suffisantes. En particulier M. Maurain, dans son ouvrage sur le Magnétisme, ne signale d'effets semblables que pour des intensités d'aimantation très faibles.

Du reste, un calcul sommaire montre que les faits observés peuvent parfaitement s'expliquer par les lois de l'induction. Contrairement à ce qui avait été supposé tout d'abord, vu la basse fréquence $\left(\text{environ } 1 + \frac{1}{3} \text{ cycle par seconde}\right)$, l'induction donne des effets très sensibles.

» Dans le rhéostat de réglage la résistance ne variait pas en réalité d'une façon continue. comme l'indique la figure 2, mais subissait des variations saccadées dont la courbe n° 2 de la figure 2 indique le tracé moyen. Le rhéostat primitif qui a servi à l'étude comportait vingt-quatre touches; l'expérience a montré qu'un rhéostat à six touches était en pratique très suffisant et peut-être pourrait-on le réduire à quatre touches. Il a parfaitement fonctionné à différents régimes dans les conditions suivantes : le moteur à gaz actionnait les deux dynamos et l'une de ces dernières, la dynamo Henrion, non munie du rhéostat automatique, marchait au régime constant de 10 ampères, 1 500 volts; l'autre, la dynamo Gramme, munie du rhéostat automatique, alimentait un nombre d'arcs variable donnant des tensions de 1 000 à 1 800 volts, avec une intensité constante de 10 ampères.

Un pareil rhéostat présente, fait remarquer M. Lauriol, un très mauvais rendement puisque son effet est absorbé pour la plus grande partie par les effets d'induction. Mais, tel qu'il est, il constitue un appareil simple, robuste, peu coûteux à construire et consommant fort peu d'énergie. L'appareil peut être en simple fil de fer, être éloigné de la dynamo, à laquelle il est simplement réuni par deux conducteurs. Voici d'ailleurs quelques données numériques sur son fonctionnement et son installation.

Puissance de la dynamo.	15 kw
Irrégularité de la vitesse $\frac{\text{maximum-minimum}}{\text{moyenne}}$.	0,04
Résistance du rhéostat automatique	19^{ω}
Courant moyen traversant le rhéostat	4 amp
Puissance (moyenne de ri^2) absorbée par ce rhéostat, environ $\frac{19 \times 4^2}{2}$ (¹).	150 w
Rapport de la puissance absorbée à la puissance totale (¹)	$\frac{1}{100}$
Dépense de premier établissement (environ) .	40 fr
Dépense par kilowatt de puissance totale . . .	3 fr

Les courbes d'intensité obtenues dans les divers cas observés diffèrent surtout par la grandeur des irrégularités constatées. La valeur des irrégularités constatées sur l'intensité du courant, c'est-à-dire du rapport $\frac{\text{maximum-minimum}}{\text{moyenne}}$, tant sur des circuits d'arcs que sur des circuits de lampes à incandescence sont les suivants (¹).

Les inducteurs étant massifs, les courants de Foucault ne rencontrent aucun obstacle. Leur influence tend à combattre la force contre-électromotrice de self-induction due au courant inducteur et à rapprocher les valeurs de ce courant de celles qui résulteraient de la loi d'Ohm. Mais d'autre part ils tendent à produire dans le champ des variations inverses de celles qui sont produites par les variations du courant dans les spires. L'effet final se traduit par un amortissement et un décalage des intensités du champ. Un calcul sommaire montre qu'il y aurait peu d'avantages à avoir des inducteurs feuilletés. Les courants de Foucault seraient supprimés, et à égalité d'intensité du courant inducteur le champ serait augmenté. Mais, en supprimant ces courants qui combattaient la self-induction, on laisse à celle-ci tout son effet et le courant dans les spires se trouve diminué. Finalement les variations du champ resteraient encore bien inférieures à celles qu'on obtiendrait avec les mêmes variations de résistance se produisant avec une lenteur infinie.

Comme expériences pouvant confirmer les idées que nous venons d'émettre nous avons fait les deux suivantes :

1° Le rhéostat de réglage étant intercalé dans le circuit d'excitation, mais manœuvré à la main avec des vitesses variables, on fait débiter la machine à pleine puissance sur des lampes à incandescence, et l'on observe l'ampèremètre intercalé dans le circuit principal. Pour des vitesses de 1 tour du rhéostat en vingt ou dix secondes, le courant varie d'environ 30 p. 100 et l'éclat des lampes subit les variations correspondantes. Lorsque la vitesse augmente progressivement jusqu'à atteindre 1 tour en une ou une demi-seconde, l'ampèremètre et les lampes oscillent de moins en moins et finalement restent sensiblement fixes.

2° La machine étant en mouvement, mais ne débitant que sur un voltmètre, on coupe brusquement le circuit d'excitation. Les courants de Foucault dans l'inducteur tendent à retarder la disparition du champ magnétique et la force électromotrice met environ six secondes à tomber de sa valeur primitive à la valeur sensiblement nulle due au magnétisme rémanent.

(¹) La machine employée fonctionnait de toute façon avec un rhéostat intercalé sur le circuit d'excitation. Le remplacement du rhéostat fixe par un rhéostat variable n'a entraîné ici aucune augmentation sensible dans la quantité ri^2. Dans l'espèce, la consommation supplémentaire d'énergie est donc sensiblement nulle. Il en serait autrement dans une machine construite spécialement pour un service donné. La résistance du circuit inducteur comporterait dans tous les cas : 1° la résistance des bobines inductrices; 2° la résistance de réglage qu'on jugerait à propos de se donner. Si, en outre, on veut appliquer le rhéostat automatique, la résistance de ce rhéostat s'ajoute bien aux autres et la partie correspondante de ri^2 est bien une consommation spéciale d'énergie due au dispositif employé.

(¹) Rappelons que l'irrégularité de la vitesse du moteur est d'environ 3. On doit avoir la même irrégularité

		Irrégularité (en centièmes). Arcs	Incandescence
Machine Henrion		3	1 + 1/2
Machine Gramme	sans rhéostat automatique	10	2
	avec rhéostat automatique	3,5	moins de 1/2 (¹)

Pour un régime donné et une irrégularité donnée de la force électromotrice, l'irrégularité du courant est beaucoup plus grande dans les arcs que dans les lampes à incandescence. Le fait est naturel : la résistance (vraie ou apparente) d'un arc décroît quand le courant croît et lorsque la longueur de l'arc reste sensiblement constante, comme c'est ici le cas. De plus, les variations périodiques de la force électromotrice ont souvent pour effet de faire régler ensemble toutes les lampes de la série, ce qui augmente encore les oscillations. Au contraire, l'augmentation d'intensité augmente la température et par suite la résistance des lampes à incandescence. Les variations de la force électromotrice doivent donc être relativement plus fortes que les variations d'intensité.

pour la force électromotrice avec la machine Gramme sans rhéostat automatique et une irrégularité moindre avec la machine Henrion.

Avec l'irrégularité de 2 dans le courant, les variations d'éclat des lampes à incandescence sont nettement perceptibles, d'autant plus qu'elles sont régulièrement rythmées à des intervalles d'environ 3/4 de seconde. Avec une irrégularité de moins de 1/2, aucune variation n'est plus perceptible.

Les variations d'éclat des arcs, nettement perceptibles avec l'irrégularité 10, cessent de l'être avec l'irrégularité 3,5.

(¹) Les chiffres ci-dessus présentent quelques anomalies que M. Lauriol se borne à constater. Par exemple, la machine Henrion et la machine Gramme sans rhéostat automatique donnent à peu près la même irrégularité sur les lampes à incandescence et des irrégularités très différentes sur les arcs. Si, au lieu des mesures à l'ondographe, on fait des observations à simple vue, on trouve que, soit sur les arcs, soit sur les lampes à incandescence, la machine Henrion donne des effets comparables à la machine Gramme, munie du rhéostat automatique. Ces anomalies peuvent peut-être s'expliquer par la différence de forme des courbes. La machine Gramme sans rhéostat donne des courbes très dissymétriques (fig. c), tandis que la machine Henrion donne des courbes plus symétriques, plus voisines de la sinusoïde. A égalité d'écart entre le maximum et le minimum, la machine Henrion donne donc des variations moins brusques et par suite moins sensibles à l'œil.

M. Lauriol fait remarquer qu'on pourrait employer un grand nombre d'autres procédés pour corriger les irrégularités dues au moteur à gaz et en général toutes autres irrégularités. D'une étude sommaire qu'il a faite, il semble que pour le cas d'irrégularités périodiques, se produisant avec la fréquence indiquée (1 cycle en 3/4 de seconde) ou une fréquence plus basse, le dispositif de M. Girard reste, tout compte fait, l'un des plus avantageux, soit comme simplicité et comme sûreté, soit comme dépenses d'établissement et de fonctionnement. Avec des fréquences plus hautes, l'augmentation du rhéostat pourrait rendre ce procédé impraticable, tandis que d'autres procédés deviendraient plus avantageux. Il est d'ailleurs bien évident que le système ne serait applicable ni avec les inducteurs voisins de la saturation, ni avec des moteurs à gaz réglant par *tout* ou *rien* et donnant des cycles successifs non identiques au point de vue des variations de vitesse.

Parmi les divers dispositifs, un de ceux qui semblent les plus dignes d'étude est celui qu'indique le fonctionnement de la machine Henrion, savoir : partager en deux groupes les volants, ou diverses pièces pouvant agir par leur inertie à la façon d'un volant; réunir les deux groupes par un lien élastique permettant un certain jeu entre les chemins parcourus par les pièces de l'un et l'autre groupe. Avec certaines valeurs des masses, des vitesses et de l'élasticité du lien, on peut avoir des effets de résonance mécanique qui exagèrent les oscillations; mais avec d'autres valeurs, on peut avoir une atténuation considérable de ces oscillations, pour des valeurs données de la puissance, de la vitesse et de la masse ou de l'inertie totale des volants ou autres pièces agissant comme volants (¹).

(¹) En terminant, M. Lauriol fait une observation sur les effets perturbateurs que peut produire l'induction dans certains cas, effets sûrement connus, mais qui, néanmoins, semblent avoir été négligés :

« Soit, par exemple (fig. *d*), un groupe de dynamos D alimentant un réseau. Une batterie d'accumulateurs B forme tampon; elle n'a aucun élément de réduction. Un survolteur-dévolteur y fournit à chaque instant l'appoint positif ou négatif de tension nécessaire. Pour cela, l'excitation varie automatiquement suivant les diverses circonstances de l'exploitation (procédé d'excitation en série du Métropolitain de Paris, procédé Highfield, etc.). La théorie de ces divers procédés néglige, en général, les

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 29 septembre 1902.

Nouvelles expériences sur la limite d'intensité du courant d'une pile qui correspond à la manifestation d'un débit électrolytique extérieur, apparent dans un voltamètre, par **M. Berthelot**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 485-492.

Dans cette communication, l'auteur donne un résumé d'observations nouvelles sur l'étude « des piles fondées sur des réactions salines, sans le concours de l'attaque des métaux ou des sels métalliques proprement dits » [1]; il insiste particulièrement sur les observations relatives à la détermination de la limite d'intensité correspondant à la manifestation d'un débit électrolytique extérieur.

Ces limites ont été déterminées avec deux voltamètres différents : l'un renfermant de l'acide sulfurique étendu seulement, avec électrodes à la Wollaston, voltamètre dans lequel la production d'une réaction continue visible (dégagement d'hydrogène et d'oxygène) exige une force électromotrice minima comprise entre 1,5 volt et 1,6 volt; l'autre, le même acide étendu additionné de pyrogallol, voltamètre dans lequel l'hydrogène seul se dégage d'une façon continue, sous l'influence d'une force électromotrice minima voisine de 0,8 volt.

En faisant varier successivement les conditions suivantes : pression extérieure; concentration du pyrogallol additionnel; excès de la force de l'acide; concentration électromotrice de la pile sur la force électromotrice minima nécessaire pour déterminer une électrolyse continue.

La résistance extérieure employée pour atteindre la limite vers laquelle le débit électrolytique cesse d'être manifeste a varié depuis des valeurs très petites jusqu'à 1 000 000 d'ohms. Cette résistance étant mesurée, ainsi que la force électromotrice, des formules connues permettent de calculer l'intensité i et de déduire de celle-ci le poids d'hydrogène h dégagé en 1 minute.

Les déterminations de cette limite sont d'ailleurs approximatives, comme toute mesure relative aux débuts d'un phénomène; nous renvoyons au mémoire pour les valeurs trouvées pour les limites de l'intensité; disons seulement quelles sont de l'ordre du dix millième d'ampère, parfois même du cent millième.

Préparation au four électrique d'un nouveau siliciure de vanadium V^2Si, par **H. Moissan** et **Holt**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 493-497.

Tout récemment les auteurs signalaient [1] l'existence d'un siliciure de vanadium VSi^2, préparé par réduction de l'acide vanadique au four électrique en présence d'un excès de silicium. Trois procédés utilisant également le four électrique leur ont permis d'obtenir un nouveau siliciure V^2Si.

« 1° Nous avons pu, disent-ils, obtenir ce siliciure en chauffant, dans un creuset, au four électrique, un mélange de V^2O^3 120 gr, Si 14 gr, au moyen d'un courant de 1 000 ampères sous 50 volts. La quantité d'oxyde de vanadium employée dans ce mélange est quatre fois supérieure à celle qui serait nécessaire pour donner

---

effets d'induction et suppose que la cause qui tend à faire varier le champ inducteur produit instantanément et entièrement la variation voulue. Dans un réseau d'éclairage, les variations de voltage que l'on a à demander à la machine V sont lentes et les effets négligés sont réellement négligeables. Il n'en est plus de même dans un réseau de force motrice ou de tramways, lorsque le courant demandé ou fourni à la batterie subit de brusques et importantes variations. En ce cas, d'après ce que nous

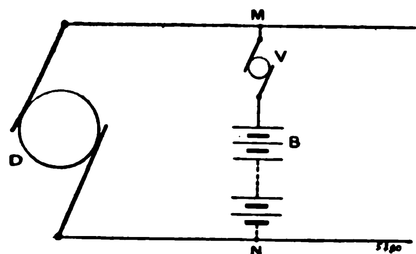


Fig. *d*.

venons de voir, et même avec des inducteurs feuilletés, le champ inducteur de V ne doit plus obéir avec une rapidité suffisante aux causes qui agissent sur lui; le réglage de la différence de potentiel entre M et N ne doit plus se faire que par à peu près; les à-coups de débit qui, théoriquement, ne devraient porter que sur la batterie B doivent aussi affecter le groupe générateur D.

» Il serait intéressant d'avoir à ce sujet les renseignements que plusieurs de nos collègues seraient en situation de nous donner. »

(1) L'ensemble de cette étude a fait l'objet d'un mémoire très étendu qui paraîtra dans les numéros d'octobre et de novembre des *Annales de Chimie et de Physique*.

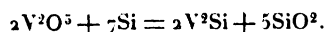
(1) *Écl. Élect.*, t. XXXII, p. 172, 2 août 1902.

ce siliciure d'après l'égalité suivante :



$$2V^2O^3 + 5Si = 2V^2Si + 3SiO^2.$$

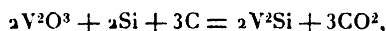
» Si l'on répète cette réaction avec l'acide vanadique, il faut employer un poids dix fois supérieur à celui qui est indiqué par l'égalité suivante :



$$2V^2O^5 + 7Si = 2V^2Si + 5SiO^2.$$

» Pendant cette préparation, la plus grande partie du vanadium est volatilisée, et il ne reste, si la chauffe n'a pas été trop longue, qu'un petit lingot de siliciure V^2Si. A la partie supérieure de ce lingot on trouve toujours une petite quantité d'une matière noire, amorphe, non attaquable par les acides et les alcalis, et qui se sépare facilement du siliciure blanc à aspect métallique. On réduit ce siliciure en petits fragments, puis on le chauffe avec de l'acide sulfurique concentré pendant deux heures. Après lévigation à l'eau, on le concasse sous forme d'une poudre grossière qui est maintenue dans une solution bouillante de potasse à 10 p. 100. Enfin, on traite par le bromoforme, pour séparer quelques cristaux de graphite.

» 2° Nous avons encore obtenu ce siliciure par l'action du silicium sur le carbure de vanadium [1]. Ce dernier composé, étant stable et peu volatil à la température du four électrique, permet de maintenir à l'état liquide un excès de vanadium en présence du silicium liquide. A cet effet, nous avons chauffé un mélange d'oxyde de vanadium, de silicium et de carbone répondant à l'égalité suivante :



$$2V^2O^3 + 2Si + 3C = 2V^2Si + 3CO^2,$$

en ayant soin toutefois d'augmenter de 1/10 le poids de l'oxyde de vanadium. Ce mélange est chauffé dans un creuset de charbon pendant quatre minutes avec un courant de 500 ampères sous 50 volts. Le culot très bien fondu, retiré du creuset, renfermait un mélange de siliciure V^2Si et du carbure de vanadium VC.

[1] H. Moissan. *Étude de la fonte et du carbure de Vanadium* (*Comptes rendus*, t. CXXXI, 1896, p. 1297, et *Le Four électrique*, p. 241.

» Pour obtenir le siliciure pur, la masse concassée est chauffée plusieurs heures avec de l'acide azotique à 50 p. 100 qui détruit tout le carbure, puis avec une solution de potasse à 10 p. 100.

» 3° Enfin, nous avons utilisé le siliciure de cuivre, maintenu à son point d'ébullition, pour faire réagir un excès de vanadium sur le silicium.

» Nous avons préparé tout d'abord le mélange suivant : oxyde de vanadium, V^2O^3, 15 parties; silicium, 7 ; cuivre, 2. Nous avons chauffé ensuite ce mélange au four électrique, dans un creuset de charbon, pendant quatre minutes avec un courant de 700 ampères sous 50 volts. Le bain liquide que l'on obtenait ainsi renfermait une solution de siliciure de vanadium V^2Si dans un mélange de siliciure de cuivre et d'un alliage cuivre-vanadium. Le culot métallique homogène et bien fondu était concassé en poudre grossière, puis chauffé plusieurs heures au bain-marie avec de l'acide azotique à 50 p. 100. Le siliciure de cuivre et l'alliage cuivre-vanadium sont détruits. Le résidu est ensuite traité par une solution bouillante de potasse à 10 p. 100. Enfin, le graphite est séparé par le bromoforme. Dans cette préparation, le siliciure est toujours mélangé d'une certaine quantité de carborundum. »

Sur les Landolphiées donnant le caoutchouc des herbes au Congo français, par **A. Chevalier**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 512-515.

L'auteur fait connaître les résultats de ses recherches botaniques sur trois espèces de *lianes des herbes* recueillies sur les plateaux avoisinant Brazzaville.

Deux d'entre elles, le *Landolphia Tolloni* et le *Landolphia humilis*, renferment du caoutchouc dans leurs parties souterraines l'auteur se propose de faire des analyses permettant d'être fixé sur la valeur industrielle de ces plantes.

Le Gérant : C. **NAUD**.

Tome XXXIII. Samedi 18 octobre 1902. 9e Année. — N° 42.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

L'ÉLECTRO-TYPOGRAPHE MERAY-ROZAR

Il y a quelques mois on pouvait voir fonctionner à Paris, dans les bureaux du *Temps*, une nouvelle machine à composer, remarquable par les perfectionnements qu'elle présente sur les machines du même genre actuellement employées et intéressant les électriciens par l'utilisation qui y est faite de dispositifs électriques tant pour le fonctionnement de l'appareil lui-même que pour la transmission à distance des *copies* faites par cette machine. Nous nous proposons de décrire ici ces dispositifs, mais auparavant quelques mots sont indispensables sur les multiples fonctions que doit remplir une machine à composer, sur la manière plus ou moins complète dont les machines actuelles les remplissent et sur le principe du fonctionnement de la nouvelle machine Meray-Rozar.

Notions sur les machines a composer. — La recherche d'une machine permettant d'exécuter rapidement et à bon marché la composition typographique, a occupé un grand nombre d'inventeurs depuis le commencement du XIXe siècle.

Pour se rendre compte du problème, il est nécessaire de rappeler que le travail du typographe comprend trois fonctions : 1° la *composition*, ou juxtaposition des caractères pour former le texte; 2° la *justification*, ou répartition *d'espaces* choisis entre les mots pour obtenir des lignes de longueurs égales; 3° la *distribution*, ou remplacement dans les compartiments de la *casse* des caractères qui ont servi.

Pendant longtemps, les inventeurs de machines à composer se sont bornés à employer les caractères existants, répartis dans les canaux d'un magasin, d'où le jeu d'un clavier les faisait sortir; mais la justification et la distribution n'ont jamais été résolues par ces ma-

chines d'une façon satisfaisante. Actuellement peu répandue, cette classe de machines n'est guère représentée que par cinq ou six types sur près d'une centaine qui ont vu le jour.

Plus tard, en 1886, la Linotype résout le problème d'une façon très différente : cette machine, de même que la Typographe et la Monoline, assemble des lames de laiton sur la tranche desquelles sont frappées des matrices en creux et chaque fois qu'une ligne est complète, la machine coule dans les matrices un alliage et donne ainsi, après refroidissement, un véritable cliché; ensuite les lames porte-matrices sont distribuées automatiquement dans les canaux du magasin.

Ces machines, assez répandues, ne donnent pas toute satisfaction aux imprimeurs, car leurs matrices, limitées par de très minces parois, ne peuvent pas être frappées assez froidement pour fournir un *œil* suffisant et une impression bien nette; de plus, la moindre correction entraîne la réfection de la ligne entière; les lignes clichées, souvent creuses, peuvent s'écraser dans la mise en forme; enfin l'ouvrier est soumis à un véritable surmenage, devant surveiller à la fois : manuscrit, clavier, mouvement des matrices et fourneau à fondre et travaillant dans une atmosphère surchauffée.

Frappés de ces inconvénients, d'autres inventeurs ont cherché, plus récemment, à réaliser des machines composant en caractères mobiles, fondus à mesure et assemblés en lignes justifiées par le moyen d'espaces fondus également à mesure, d'après des dimensions calculées d'avance. En outre, appliquant le principe si fécond de la division du travail, ils ont partagé leur machines en deux appareils : une machine à composer à clavier, et une machine à fondre recevant les indications de la précédente au moyen d'une bande de papier enregistreuse.

Les deux premières machines de cette classe, la Monotype et la Graphotype présentent de notables inconvénients qui en ont empêché la diffusion : dans la première, une application d'air comprimé très délicate et dans la seconde l'emploi de 650 contacts à mercure et de 60 électro-aimants, sont des causes d'insécurité dans le fonctionnement; en outre dans chacune d'elles le compositeur dactylographe doit, à la fin de chaque ligne, procéder à une lecture et à un choix entre plusieurs touches pour la manœuvre de justification. Enfin, le bloc porte-matrices, pesant près de 3 kg et exécutant 20 000 mouvements par heure, avec autant d'arrêts brusques, est une source d'ébranlements et d'usure.

L'Electro-Typographe Méray-Rozar, le dernier venu de cette classe de machines, présente sur ses devanciers une supériorité bien marquée comme conception et comme réalisation.

Son inventeur a réussi à rendre la fonction de la justification, sur la machine à composer ou à écrire, absolument automatique, car le dactylographe, à la fin de chaque ligne n'a qu'à manœuvrer un unique levier sans faire aucune lecture. Le fonctionnement de la machine à écrire est purement mécanique et ne nécessite qu'une très petite force motrice, ce qui facilite son déplacement et sa diffusion.

Dans la machine à fondre, les organes mobiles qui amènent les matrices devant le moule et qui sont soumis à des arrêts brusques, ont été étudiés de façon à ne pas provoquer d'ébranlements, car ils sont de très faible poids; et à résister à l'usure, car l'effort du choc, au moment de l'arrêt, se répartit sur une surface relativement grande.

Les matrices bordées de plaquettes d'acier qui soutiennent leurs parois, sont frappées profondément, de sorte que l'*œil* est suffisant et l'impression nette. Les caractères obtenus sont absolument semblables à ceux que fabriquent couramment les fondeurs.

Dans cette machine, la *distribution* n'existe pas, car les caractères, après avoir servi une fois, sont remis au creuset.

DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ÉLECTRO-TYPOGRAPHE [1]. — Le premier exemplaire de l'Électro-Typographe, qui, ainsi que nous l'avons vu, a été exposé pendant quelques semaines au journal *Le Temps*, fonctionne en ce moment à New-York, et reviendra prochainement à Paris.

Machine à écrire. — La machine à écrire (fig. 1) accouplée avec un perforateur et un calculateur, opère de la façon suivante : A chaque touche frappée par le dactylographe, la lettre est imprimée sur une copie-témoin en caractères de machine à écrire; la bande reçoit une rangée de perforations, et l'appareil calculateur enregistre l'épaisseur du caractère tel qu'il sera fondu ultérieurement, épaisseur exprimée en dixièmes de millimètre. Les espaces sont comptés provisoirement à une dimension moyenne dite *normale* de 15 dixièmes; et à mesure que la ligne s'écrit, les dimensions des lettres et des espaces sont additionnées par un totalisateur.

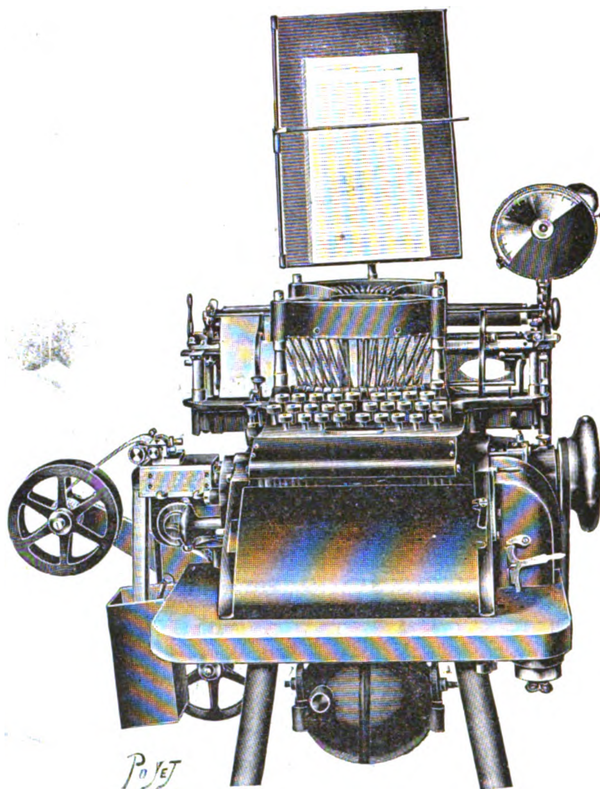


Fig. 1. — Machine à écrire de l'Electro-Typographe.

A la fin de la ligne, l'appareil calcule la différence entre le total atteint et la longueur de ligne imposée; divise cette différence par le nombre des espaces; et inscrit sur la bande la correction qui en résulte pour chaque espace. Ces trois opérations ont lieu automatiquement par la manœuvre du levier de justification.

Les corrections peuvent être positives ou négatives à partir de la valeur normale.

La bande passera sur la machine à fondre en sens inverse de son écriture, de sorte qu'avant de commencer une ligne, cette machine connaîtra la valeur des espaces qu'elle doit fournir,

Machine à fondre. — Dans la machine à fondre (fig. 2) le métal en fusion est injecté par un piston dans un moule dont une extrémité est fermée par une matrice creuse (fig. 3) où se forme l'*œil* du caractère. Ces matrices sont groupées par trois sur les trois facettes de 29 noix contenues dans un chariot mobile qui exécute un mouvement d'aller et retour pour chaque caractère fondu.

A chaque course, le chariot livre une de ses noix qui se présente devant le moule, y reste appliquée pendant un trentième de seconde pour recevoir le jet de métal, et reprend ensuite sa place dans le chariot,

Le choix de la noix est effectué par un appareil dit *des combinaisons*, qui présente quelque analogie avec le *combinateur* de l'appareil télégraphique Baudot.

Le moule est constitué par une chambre à section parallélipipédique S (fig. 4) dont une paroi est fermée par un tiroir mobile T qui s'avance plus ou moins pour fournir des

[1] Une description complète de la partie mécanique de cet appareil a été donnée par M. A. Lavezzari à une récente séance de la Société des Ingénieurs civils et reproduite dans le *Bulletin* de cette société du mois d'août.

caractères d'épaisseurs variées; cet avancement du tiroir est réglé, dans la fonte des caractères, par la butée d'une tige latérale contre des blocs calibrés insérés dans les noix porte-matrices.

Les *espaces* qui séparent les mots sont fondus comme les caractères, mais alors le moule est fermé par une noix sans matrice; et leur épaisseur est réglée par une vis V, fixée dans le talon du tiroir du moule T, qui vient buter contre l'appareil dit de *justification* (fig. 4).

Ce dernier se compose de quatre disques montés sur le même axe, et formant un ensemble qui peut se dilater ou se rétrécir dans le sens de cet axe. Pour cela, deux des

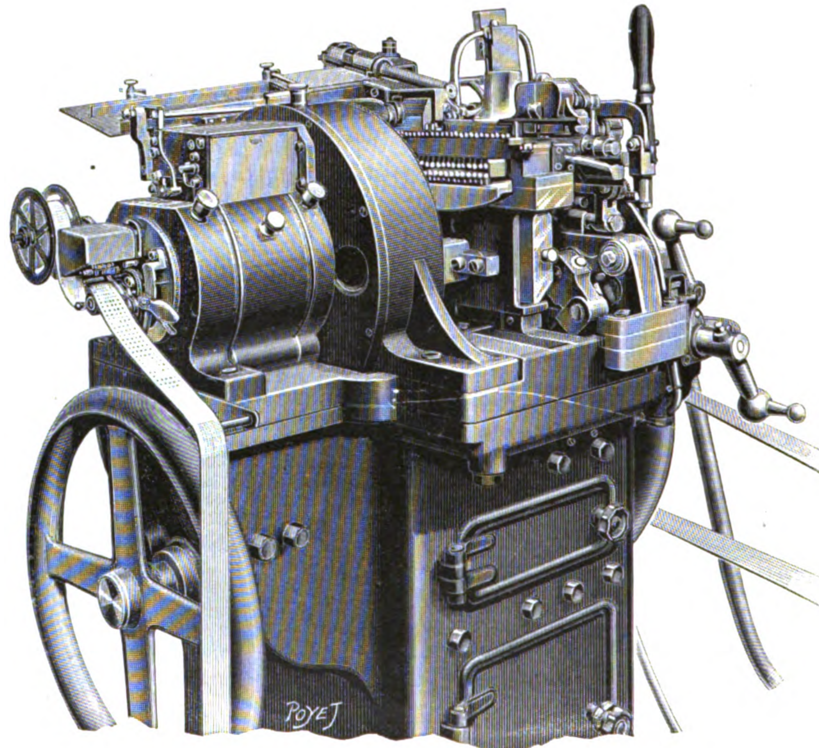


Fig. 2. — Machine à fondre de l'Electro-Typographe.

disques O et P sont en contact par des rampes hélicoïdales ; et les deux autres, M et N, par de petits gradins de 1/10 de millimètre de saillie. Les disques O et N provoquent la dilatation de l'ensemble, les disques P et M son rétrécissement, quand on leur communique des mouvements de rotation proportionnés au but à atteindre.

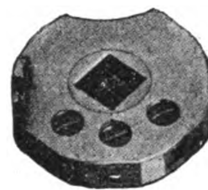
Quand une ligne est terminée, elle est poussée automatiquement dans une galée, et à ce moment la machine cesse de fondre pendant trois tours, pour permettre à l'appareil de justification de prendre les dispositions nécessaires pour fournir à la ligne suivante des espaces ayant la dimension indiquée par des perforations de la bande.

La bande perforée, large de 30 mm, peut recevoir des trous suivant 8 alignements longitudinaux ; la ligne zéro est parmanente, et ne sert qu'à l'entraînement. Chaque rangée transversale de perforations correspond à un caractère ; les combinaisons des trous 1, 2, 3, 4, 5, servent à désigner les différentes noix porte-matrices, et les trous 6 et 7 servent à provoquer des rotations de 45° de la noix dans le cas où elle doit présenter au moule une de ses matrices autre que la médiane.

A la fin des lignes, dans les deux rangées D_3 et D_4 relatives à la justification, les perforations ont une signification différente : le trou 6 signifie soustraction, le trou 7 addition. La rangée D_4 indique, en additionnant les rangs de ses perforations de 1 à 5, le nombre de dixièmes de millimètres qui constitue la correction positive ou négative devant affecter *tous* les espaces de la ligne ; elle correspond aux disques à rampes O et P.

La rangée D_3 indique, par le rang de sa perforation *unique* le nombre *n* des premiers espaces de la ligne qui devront recevoir un supplément de correction de 1/10 de millimètre, supplément qui devra être annulé après le neuvième espace : elle correspond aux disques à gradins M et N.

Ces corrections positives ou négatives s'entendent comme additions ou soustractions à une valeur moyenne d'espace dite *espace normal*.


Fig. 3. — Matrice.

Dispositifs électriques. — Les quelques notions précédentes permettront au lecteur de suivre avec plus d'intérêt les fonctions de l'électricité dans cette machine.

Les inventeurs de l'Electro-Typographe, les hongrois Méray et Rozar, n'ont d'ailleurs emprunté à la technique électrique que des organes élémentaires, de simples électro-aimants de petite puissance, employant un courant de faible tension.

Par une série d'ingénieuses dispositions, ils ont su réduire au minimum le nombre des électro-aimants et celui des contacts, tout en satisfaisant aux nombreuses et complexes conditions que comportait le problème.

La machine emploie 15 électro-aimants d'égale puissance ; la résistance de l'enroulement est de 100 ohms ; par suite, sous une tension de 10 volts, elle absorbe 0,10 ampère.

Il n'y a jamais qu'un seul électro en action à la fois dans la machine, et la durée d'excitation est en moyenne d'environ 1/20 de seconde.

La source peut être soit une pile de quelques éléments, soit une dérivation prise sur une distribution de courant continu, avec résistance interposée. Dans le cas d'une canalisation en continu à 110 volts, on emploie très simplement comme résistance une lampe à incandescence ordinaire de 16 bougies, dont les variations d'éclat ont l'avantage de renseigner l'ouvrier pendant la marche de la machine ; dans ces conditions, un ampèremètre indique 0,15 ampère en moyenne.

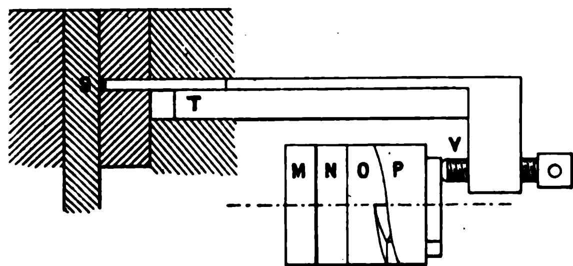


Fig. 4. — Schéma du dispositif pour la fusion des caractères et des espaces.

Les électros remplissent leurs fonctions de différentes manières, et le détail des organes que leurs armatures mettent en mouvement ne peut trouver place dans cet article ; mais leur action consiste toujours dans un déplacement de faible amplitude communiqué à une pièce très légère et très bien équilibrée, qui sert à enclencher des organes mus par les mécanismes de la machine. Il y a exception pour quatre électros qui actionnent des relais.

Suivons maintenant la marche de la bande perforée dans l'appareil lecteur de la machine à fondre (fig. 6).

La bande est entraînée dans le sens de la flèche A par un petit pignon denté qui engrène avec les perforations de la ligne zéro. La machine marche à raison de 90 tours par minute, et la bande avance d'une division par chaque tour, correspondant à un caractère fondu.

Le mouvement d'avancement, très rapide, dure à peine, o,1 de tour, puis la bande reste immobile pendant le reste de cette période.

Pendant cette immobilisation, 7 petits leviers munis de pointes émoussées Z, viennent s'appuyer sur le papier, et ceux d'entre eux qui rencontrent des perforations, descendent un peu plus que les autres. Ce mouvement déplace la branche verticale du levier Z, de telle sorte qu'au moment où le levier Y s'abaissera, les goujons X correspondant aux numéros des perforations seront relevés, et les petits cylindres d'ivoire qui les surmontent viendront appliquer les lames conductrices B correspondantes contre les boutons en platine de la plaque conductrice C.

Considérons par exemple, pendant l'exécution d'une ligne de texte, la rangée D (fig. 5) qui comprend les perforations 1, 3, 5 (lettre t). A son passage dans l'appareil de lecture,

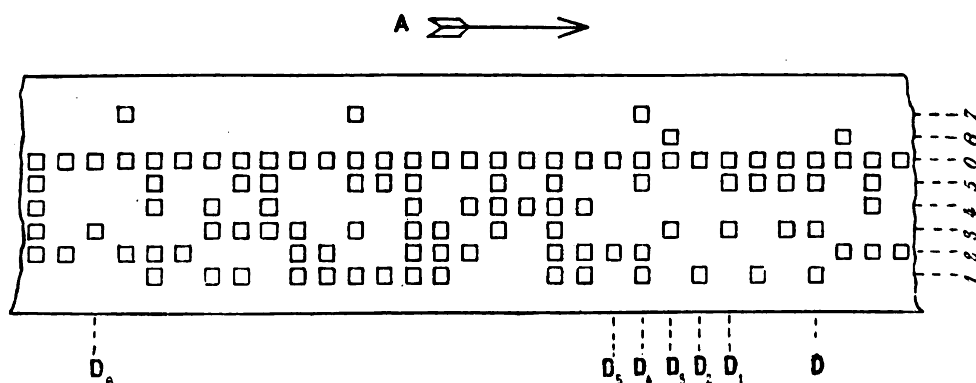


Fig. 5. — Bande perforée réglant le fonctionnement de la machine à fondre.

trois circuits seront amorcés en même temps par les lames B de numéros correspondants, suivant les fils qui aboutissent aux segments extérieurs E d'un distributeur rotatif (fig. 7).

Le bras F de cet appareil contient deux contacts à pompe qui font communiquer successivement les segments intérieur H et extérieur E de même numéro. Les grands segments G ne sont reliés à aucun fil et servent seulement d'appuis aux pièces de contact.

Le bras F décrit une circonférence pendant un tour de la machine, et passe sur les 7 paires de segments actifs pendant que les pointes des leviers de lecture sont abaissées dans les perforations de la bande.

Il en résulte que les circuits amorcés par les lames B ne sont fermés que l'un après l'autre, de sorte qu'il n'y a jamais qu'un seul électro-aimant en action à la fois dans la machine. Cette disposition a pour effet de régulariser la consommation d'électricité à chaque instant, malgré les variations du nombre de perforations dans les rangées de la bande, nombre qui peut varier de 1 à 6.

On verra plus loin que le distributeur rotatif remplit encore une autre fonction au moment de la manœuvre de l'appareil de justification.

A mesure que le bras F ferme les différents circuits, le courant venant de la borne W, passe par les segments intérieurs H et par les segments correspondants I d'un commutateur en étoile, dont les 7 bras J, munis chacun de deux contacts à pompe, assurent en ce moment la liaison des segments I avec les 7 touches blanches 1'.....7'.

Ces dernières, de 1' à 5', communiquent avec les cinq électro-aimants K de l'appareil des combinaisons, qui a pour mission de choisir et de déclencher la noix porte-matrices du caractère qui doit être fondu.

Les touches blanches 6' et 7' communiquent avec les électros L qui ont pour fonction, lorsqu'il y a lieu, de faire exécuter à la noix porte-matrices choisie les mouvements nécessaires pour présenter au moule ses matrices autres que la médiane.

Supposons maintenant que nous ayons terminé une ligne, dont la dernière lettre est en D (fig. 5). La bande présente ensuite la rangée D_2, avec la perforation n° 1 qui a pour effet, par le jeu du mécanisme des combinaisons, d'embrayer le mouvement de transport de la ligne finie vers la galée. En même temps, le piston qui injecte le métal en fusion se trouve bloqué, ce qui arrête la fonte ; et l'étoile du commutateur est déplacée de façon que les segments I viennent en liaison avec les 7 touches grises 1''...7''.

Les deux tours suivants de la machine sont consacrés à la manœuvre de l'appareil de justification.

La bande présente d'abord la rangée D_3.

Quand le bras F du distributeur passe sur le segment 6, il forme un circuit qui passe par la touche grise 6'' et met en action l'électro correspondant M d'un relais, ce qui amorce par le levier Q_1 et la barrette M' (marquée par erreur M sur le dessin), un nouveau circuit comprenant l'électro M'' (marquée M') du mécanisme de justification.

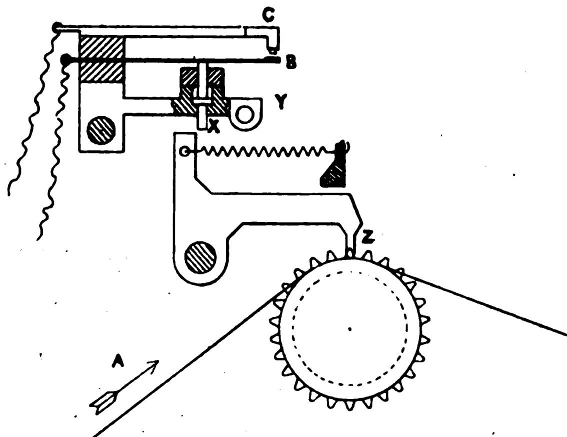


Fig. 6. — Appareil lecteur.

Ensuite, quand le bras F passe sur les 5 paires de segments de 1 à 5, il amorce cinq fois le circuit précédent sur M'', car les 5 touches grises de 1'' à 5'' sont reliées entre elles par une bande conductrice, laquelle communique avec la borne z qui est reliée à une plaque de zinc Z sur laquelle sont fixées les pièces polaires des électros M et N (fil à la masse); le courant pourra passer par ces pièces polaires et par les armatures.

Les bornes telles que Q_1, Q_2, R_1, R_2, S, sont isolées de la plaque de zinc Z.

Nous venons de voir que le circuit sera amorcé cinq fois, mais il ne sera fermé qu'une fois, quand le bras F passera sur les segments 3. Remarquons que, quelle que soit la perforation, de 1 à 5, elle aura le même effet, qui sera d'exciter l'électro M''.

Or, cet électro a pour mission d'enclencher un organe mécanique (disque M, fig. 4), avec une pièce d'entraînement qui est animée de mouvements périodiques, d'*amplitudes variées* mais de *durées égales* entre elles et égales au temps de passage du bras F d'un segment à l'autre.

Il en résulte que, suivant que le courant passera quand le bras F sera sur la 1re, 2e ou 5e paire de segments, l'unique mouvement de l'électro M'' produira l'enclenchement désiré pendant le 1er, 2e ou 5e mouvement de la pièce d'entraînement.

Quand l'électro M du relais est entré en action, en même temps qu'il fermait un circuit en Q_1, il en amorçait un autre en R_1, grâce à la traverse qui relie les armatures de M et de N, et qui entraîne le ressort conducteur attaché à la borne S.

A la fin de ce tour de la machine, l'étoile du commutateur se déplace de façon que les segments 1 viennent en liaison avec les touches noires 1''', 7'''.

Au tour suivant, la bande présente la rangée D_4 à l'appareil de lecture.

Tout se passe comme dans le tour précédent : quand le bras F passe sur 7, l'électro O

***

du relais, amorce un circuit passant par l'électro O″ de justification. Ensuite. quand F passera de 1 à 5, les courants suivront les touches noires, leur bande de liaison, la borne z′, la plaque de zinc Z′, les pièces polaires et l'armature de O, les bornes Q_1, O′ et l'électro O″.

Cet électro a pour mission d'enclencher le disque O (fig. 4) avec la pièce d'entraînement à mouvements variés ; et comme ici nous avons les trois perforations 1, 2, 5, il y aura trois entraînements successifs du disque

A la fin de ce tour de la machine, l'étoile du commutateur est replacée sur les touches blanches, et cela mécaniquement, sans intervention d'aucun signal électrique; le mécanisme du piston de la fonte est en même temps débloqué.

Au tour suivant, commence la nouvelle ligne, dont la première lettre est figurée par la rangée D_5, et tout se passe de nouveau comme on l'a vu précédemment.

Il nous reste à étudier une autre fonction de l'électricité, qui intervient après la fonte des *n* premiers espaces d'une ligne, *n* étant le rang de l'unique perforation de la rangée D_3 de la bande.

Le circuit employé offre cette particularité qu'il ne passe ni par l'appareil de lecture, ni par le distributeur, ni par le commutateur; il provient d'un fil venant directement de la borne W + et aboutissant à un appareil composé de deux leviers conducteurs mobiles autour d'un axe U, et appliqués par des ressorts également conducteurs, contre un disque V en matière isolante, qui contient sur sa jante un petit segment conducteur.

Chaque fois qu'un espace a été fondu, le disque V vient, pendant le tour suivant de la machine, présenter aux leviers U son segment conducteur, et le courant peut passer, pendant un court instant, jusqu'à ce que le segment se retire.

Pendant ce contact, le circuit est complété jusqu'à un autre appareil composé de deux disques en laiton T T′ indépendants l'un de l'autre, mais montés sur un axe commun.

Un contact à pompe porté par T frotte contre la surface de T′ et établit la liaison conductrice entre les deux disques, sauf pour la position où le contact de T repose sur une touche isolante insérée dans T′; c'est la position avant le commencement d'une ligne.

Les deux disques T et T′ sont reliés mécaniquement aux deux disques N et M (fig. 4).

Quand la rangée D_3 de la bande avec sa perforation n° 3 a provoqué un déplacement angulaire 3α du disque M, le disque T′ s'est déplacé proportionnellement d'un angle 3β et le contact de T a quitté la touche isolante.

La fonte de chaque espace est provoquée par le signe D_6 de la bande.

Dans le tour de la machine qui suit la fonte de l'espace, un courant passant par U V T′ T S′ S R_2 O_2 N′ met en action l'électro N″ (marqué par erreur N′ sur le dessin), qui provoque l'enclanchement du disque N (fig. 4) juste au moment où son organe d'entraînement mécanique peut lui imprimer un déplacement angulaire α. Ce mouvement a pour effet de déplacer T d'un angle β.

Il en sera de même après chaque espace; si bien qu'après le 3e le disque, T ayant tourné de 3β, son contact sera revenu sur la touche isolante de T′. Lorsque la machine fondra les autres espaces de la ligne, l'appareil U V continuera de fonctionner, mais aucun courant ne pourra passer, puisque le circuit sera interrompu en T T′.

Dans la figure 7, X et Y désignent des chevilles qui permettent le démontage rapide de certains appareils électriques pour les visiter ou pour visiter des organes sous-jacents.

Tout cet appareillage électrique, étudié et exécuté avec le plus grand soin, fonctionne

d'une façon parfaite. Dans les nouvelles machines actuellement en expérience, on a installé un appareil très ingénieux qui, grâce à un seul électro-aimant, provoque l'arrêt automatique de la machine dans le cas où se produiraient certaines avaries ou des troubles de fonctionnement provenant de la négligence de l'ouvrier; l'arrêt a lieu également quand la bande de papier directrice arrive à sa fin. Grâce à ce dernier dispositif, la machine devient automatique à tel point qu'un seul ouvrier peut facilement en surveiller deux ou trois.

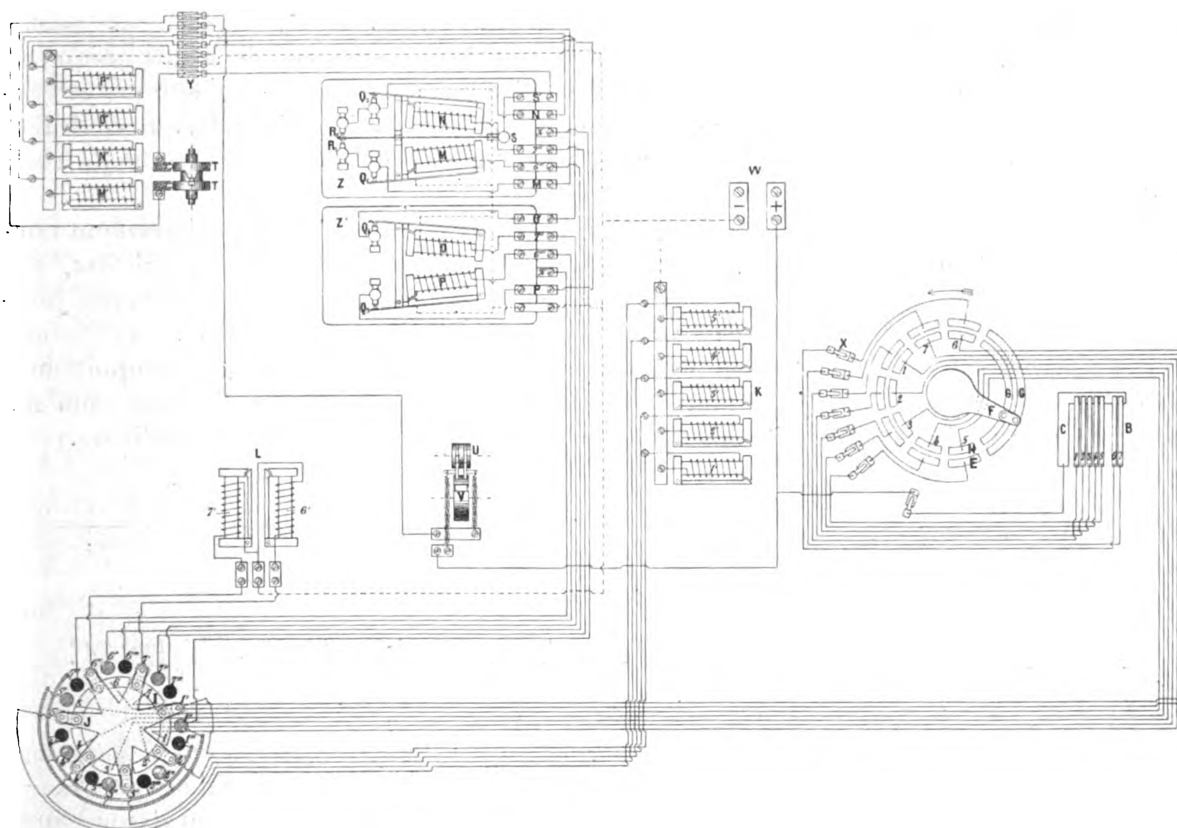


Fig. 7. — Connexions électriques de l'Electro-Typographe.

L'Electro-Typographe qui a été exposé à Paris par M. D. Wehrlin, gérant de la Société française d'études, dont le siège est à Paris, 74, rue de la Victoire, est la seule de ces machines qui soit encore sortie des ateliers où la construction en série est commencée, et où plusieurs machines sont près d'être achevées.

Pendant son exposition à Paris, cette machine a provoqué l'intérêt et l'admiration des ingénieurs et des imprimeurs qui l'ont visitée. Au point de vue typographique, elle réalise de nombreux avantages sur les machines à composer déjà connues, qui fabriquent des lignes clichées.

En tout premier, ses caractères mobiles facilitent beaucoup les corrections; en outre, la constitution de ses matrices permet l'obtention d'un *œil* plus profond que dans les machines précitées, ce qui fournit une impression plus nette; le petit nombre des matrices permet leur remplacement à peu de frais, et la division de la machine en deux appareils en rend l'apprentissage plus facile, et permettra son usage même aux petites imprimeries qui se borneront à acquérir la machine à perforer, peu coûteuse, et enverront leur bande

dans des fabriques de composition ; cette bande est un véritable cliché, peu encombrant, n'immobilisant aucun capital appréciable, et pouvant supporter une centaine de passages sur la machine à fondre dans le cas de rééditions nombreuses; enfin, dans les moments perdus, la machine peut être employée comme machine à fondre ordinaire, et fabriquer des caractères pour la vente.

Mais ce qui a attiré au plus haut degré l'attention des journalistes, c'est la possibilité, dans un avenir peu éloigné, de transmettre télégraphiquement la bande perforée de l'Electro-Typographe au moyen d'un appareil imité du Baudot.

L'utilisation de cet appareil permettra de composer dans un centre une bande unique au moyen de la machine à écrire. Cette bande sera mise sur l'appareil transmetteur, et l'appareil récepteur reproduira la bande avec toutes ses perforations initiales. Il suffira de mettre alors la bande sur la machine à fondre pour obtenir immédiatement le texte composé et justifié, prêt à être mis sous les presses.

En un mot, un article de journal, expédié de Paris, sera reproduit, entièrement corrigé et prêt à être imprimé, dans différentes villes, Lyon, Marseille, Bordeaux, par exemple; et paraîtra à la même heure qu'à Paris. C'est la possibilité pour les grands journaux d'avoir des éditions de province sans majoration de frais et sans retards.

Cet appareil est en construction, et nous pensons pouvoir donner dans quelque temps à nos lecteurs la première description de cet intéressant organe qui modifiera sans nul doute, d'après l'avis des personnes compétentes, les procédés actuels du journalisme.

J. Reyval.

PROJETS D'UTILISATION

DES FORCES MOTRICES HYDRAULIQUES DU HAUT-DRAC

Le Drac, qui prend sa source dans le département des Hautes-Alpes et qui se jette dans l'Isère un peu en aval de Grenoble, est un des torrents les plus considérables de France, tant par la longueur de son cours (150 km) que par son débit; de plus, l'encaissement de ses rives et sa forte pente le rendent particulièrement propre à l'aménagement de chutes de grande puissance.

Jusqu'ici, cependant, une très faible partie de l'énergie disponible est utilisée. Deux usines seulement ont été établies sur les rives du Drac : l'usine d'Avignonnet qui utilise une chute de 23 m, capable de développer une puissance minimum de 9 000 chevaux, et l'usine de Champ, située en aval de la précédente et qui, avec une chute de 37,4 m, et un débit minimun de 17 m³, permet de disposer de 6 000 chevaux [1].

Mais si les usines édifiées sont encore rares, les projets dressés en vue d'utiliser la puissance disponible du Drac sont nombreux.

Dans un mémoire présenté au Congrès de la Houille blanche par M. A. Gueymard, celui-ci fait connaître ceux qui se rapportent au cours supérieur du Drac situé dans le département de l'Isère; voici, d'après ce mémoire, quelques renseignements sur ces projets :

[1] Nous donnerons la description de ces deux intéressantes installations, visitées par le Congrès de la Houille blanche, dès que nous serons parvenus les documents nécessaires.

Sortant du département des Hautes-Alpes, à la cote 745, et se jetant dans l'Isère, à la cote 205, le Drac présente donc une dénivellation de 540 m dans le département de l'Isère. Les usines de Champ et d'Avignonnet utilisent, comme nous l'avons dit, une partie de cette dénivellation ; de plus, la Société Franco-Suisse, propriétaire de l'usine d'Avignonnet, possède le droit d'utiliser la chute comprise entre cette dernière usine et le pont de Ponsonnas (voir fig. 1), situé à l'altitude 505. Il reste donc depuis l'entrée du Drac dans le département de l'Isère jusqu'à ce pont une dénivellation de 240 m. C'est cette partie du cours du Drac que M. Gueymard appelle le Haut-Drac et dont il étudie l'utilisation.

Les figures 2 et 3 montrent le profil en long et la carte de cette partie du cours du Drac. On y a figuré les emplacements des chutes projetées, lesquelles utiliseront respectivement : chute de Ponsonnas, 50 m ; chute des Chambons, 40 m ; chute de Ruel, 67 m ; chute de Corps ou d'Ambel, 74 m ; soit au total 231 m utilisés sur 240 disponibles.

Fig. 1. — Carte du Drac dans le département de l'Isère.

Chute de Ponsonnas. — Établie sous le pont de ce nom, route de La Mure à Mens, cette chute utiliserait les eaux du Drac après qu'il a reçu la Severaise, la Souloise et la Bonne, soit, d'après les jaugeages officiels, 24 883 litres à l'étiage. En réduisant à 20 000 litres le débit d'étiage, le nombre précédent paraissant trop élevé, et en admettant 45 m pour la hauteur de chute vraiment utile, la puissance sur l'arbre des turbines (supposées avoir un rendement de 0,75) serait de 9 000 chevaux. En eaux ordinaires, c'est-à-dire à peu près pendant neuf mois de l'année, le débit utilisable pourrait atteindre 45 m³, et la puissance disponible serait d'environ 20 000 chevaux.

L'aménagement de cette chute a été étudié avec le plus grand soin. Cette étude a conduit à choisir un haut barrage pour la captation des eaux [1]. Ce barrage, situé immédiatement après le confluent du Drac et de la Bonne (fig. 4), donnera naissance à un lac de 40 à

(1) On aurait pu recourir à une dérivation avec canal d'amenée ; plusieurs motifs, parmi lesquels les suivants, ont fait écarter cette solution :

1° Pour utiliser, à la fois, les eaux du Drac et de la Bonne, deux dérivations, l'une de 6 km sur le Drac, l'autre de 3 km sur la Bonne, auraient été nécessaires. De plus, pour aboutir à l'emplacement, presque imposé par la configuration du terrain, de l'usine sur la rive droite, en aval du pont, il eût fallu faire traverser la Bonne par la dérivation du Drac. La dépense n'aurait guère été plus forte que celle occasionnée par un haut barrage, mais la complication eût été plus grande.

2° La décantation des eaux prises au niveau du lit et chargées de matériaux de toutes sortes aurait été difficile à obtenir avec des dérivations, par suite de la disposition des lieux ; en tout cas elle aurait nécessité des ouvrages très coûteux.

3° Une dérivation, donnant un débit presque invariable, n'aurait pas permis, comme un haut barrage, de constituer une réserve considérable d'eau pour les heures de forte consommation.

5o hectares de superficie où les eaux pourront se décanter complètement. Il sera construit en béton dont les matériaux seront fournis par les fouilles et les carrières des environs ; sa base et ses parois s'appuieront sur des couches de calcaire dur, dans lesquelles l'ouvrage sera en quelque sorte encastré après un léger décapage des surfaces usées par le temps. Sa hauteur sera, outre les fondations, de 5o m au-dessus du niveau de l'étiage ; sur cette hauteur, 5 m seront absorbés pour satisfaire à certaines obligations envers les riverains

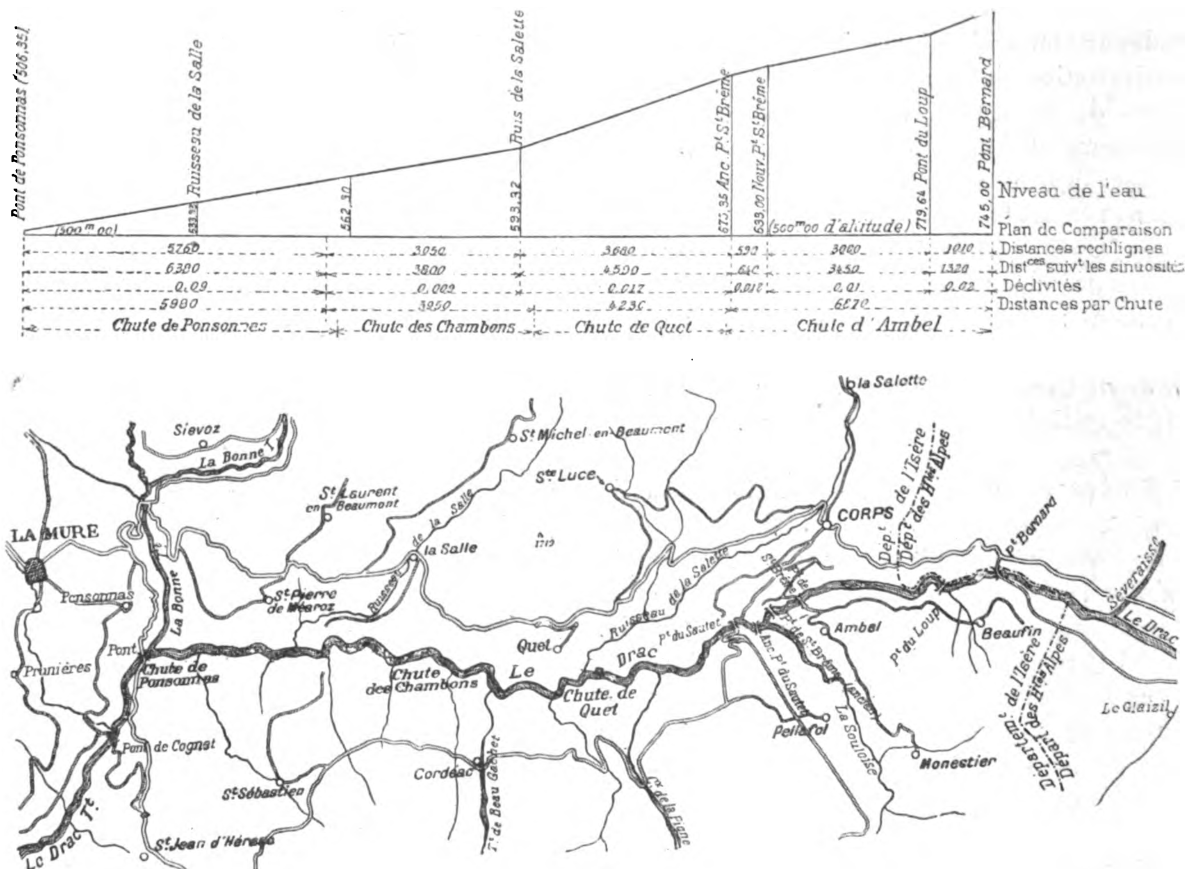


Fig. 2 et 3. — Profil en long et carte du Haut-Drac, entre Pont-Bernard et le pont de Ponsonnas.

supérieurs, et il restera 45 m normalement utilisables. En plan, le barrage présentera vers l'amont une courbe de 180 m de rayon, avec un développement de 85 m et une flèche de 5 m à la partie supérieure (fig. 4). Son profil (fig. 5) a été calculé suivant les exigences de la circulaire ministérielle du 15 juin 1897 (1). La partie supérieure du parement d'aval est tracée suivant une parabole telle que si, contre les prévisions indiquées plus loin, une lame déversante se produisait accidentellement sur la crête, cette lame ne puisse jamais abandonner la surface et faire chute directe en aucun point (2).

(1) La pression maximum que la maçonnerie a été admise à supporter est de 10 kg : cm². La pression maximum maximorum susceptible de se manifester en un point quelconque du parement d'aval, a été calculée successivement par la méthode de M. Bouvier et par celle de M. Maurice Lévy ; ainsi qu'on le voit sur la figure 5, sur laquelle ces pressions sont données pour un certain nombre de points, elles ne dépassent jamais 10 kg : cm². De plus, dans aucun cas, la courbe des pressions ne peut sortir du tiers médian du barrage, de sorte que les maçonneries, même sur le parement d'amont, ne sont jamais soumises à des efforts d'extension, si dangereux pour des ouvrages de ce genre.

(2) Pour construire le barrage on mettra le lit à sec, au moyen de deux tunnels latéraux, creusés dans les rives.

Pour amener l'eau du réservoir créé par le barrage dans la chambre d'eau (fig. 4), un premier canal sera creusé dans la roche de la rive droite. Il sera éloigné de la culée du pont de 20 m dans le sens horizontal et de 30 m dans le sens vertical. Il aura une longueur d'environ 60 m, de son origine à la chambre d'eau, placée à l'aval du pont, une section de de 20 m² et, à la vitesse de 1,50 m par seconde, il sera susceptible d'amener 30 m³ par seconde. Ce débit, déjà supérieur aux eaux d'étiage, sera sans doute plus que suffisant pour longtemps. Néanmoins il est prévu un deuxième tunnel, à 20 m au nord du premier, pour le moment où l'on voudrait utiliser les eaux ordinaires.

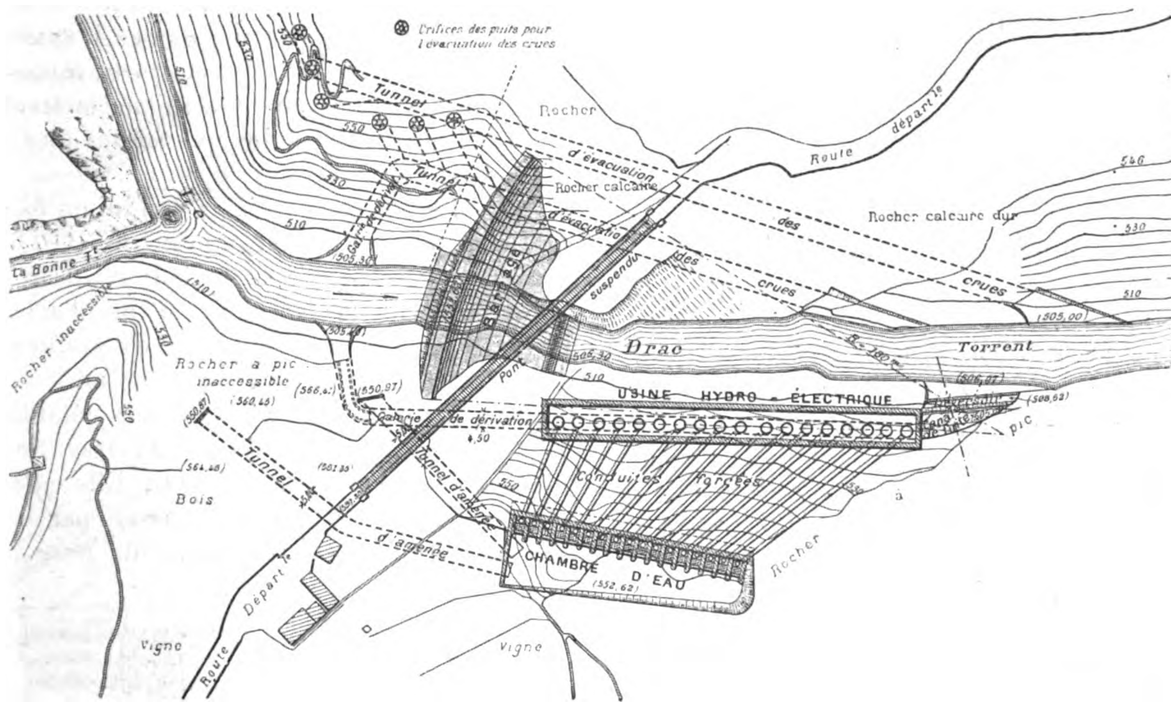


Fig. 4. — Plan d'ensemble des ouvrages prévus pour l'aménagement de la chute de Ponsonnas.

Ces canaux d'amenée aboutissent à une chambre de prise d'eau et de mise en charge des conduites forcées, creusée à flanc de coteau dans le rocher (fig. 4 et 6), en aval du pont et parallèlement au lit du Drac. Quand l'usine atteindra sa plus grande puissance, cette

---

et qui trouveront du reste leur utilisation définitive après l'achèvement des travaux. Celui de la rive droite aura une section de 16 m² et celui de la rive gauche aura une section de 35 m².

Un batardeau d'environ 4 m de hauteur, solidement construit à l'amont, dont la crête sera arasée à la cote 511,50 ou 512, rejettera dans les deux tunnels les eaux qu'un autre batardeau, établi à l'aval, empêchera de rentrer dans la section réservée.

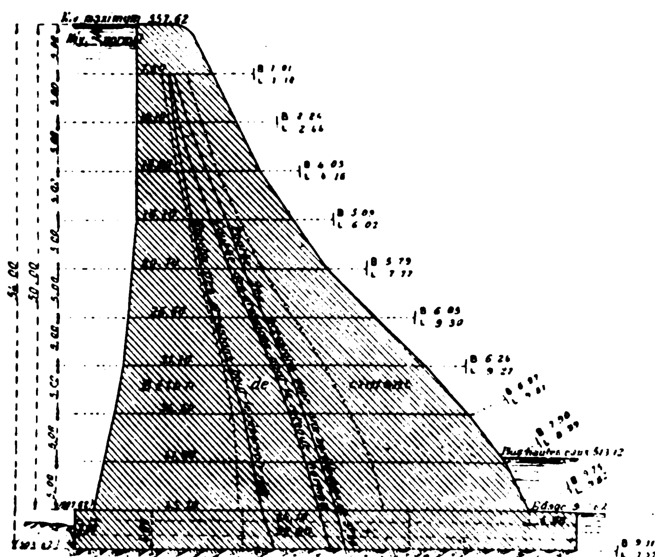
Avec la hauteur de chute créée par le batardeau d'amont, les tunnels pourront évacuer 200 m³ par seconde. Ce débit ira jusqu'à 300 m³ dès que le barrage en construction, retenant les eaux à une plus grande hauteur que le batardeau, accroîtra leur pression et leur vitesse. On sera ainsi à l'abri des plus fortes crues normales.

Après achèvement, le tunnel de gauche sera utilisé pour l'évacuation des crues. Celui de droite servira de canal de fuite de l'usine et, pendant l'exécution des travaux, il pourra alimenter une petite usine hydraulique, produisant une force motrice électrique suffisante pour la manutention des matériaux sur tous les chantiers.

Le barrage reposera sur un massif ayant 52 m de longueur dans le sens du lit et une hauteur que fixera le décapage. Il aura lui-même 45 m d'épaisseur à la base, 6 m au couronnement et son cube total sera de 49 000 m³.

Le lit du Drac n'a en ce point que 22 m de largeur, sur une hauteur de 20 m, et va ensuite s'évasant jusqu'à 85 m au couronnement du barrage.

chambre aura une longueur de 75 m et une largeur allant en diminuant de 23 à 15 m, à mesure de l'absorption de l'eau par les premières conduites forcées ; la hauteur de l'eau y sera au maximum de 6,50 m. Elle sera divisée en compartiments indépendants, servant chacun d'origine à une conduite forcée, n'alimentant elle-même qu'une seule turbine. On aura ainsi des groupes distincts, qui s'additionneront selon les besoins et permettront d'effectuer, sans aucune gêne, les réparations nécessaires à chacun d'eux. L'extrémité de la chambre d'eau sera munie d'un pertuis de chasse permettant d'éliminer les sables qui auront pu s'y introduire.


Fig. 5. — Coupe transversale du barrage de Ponsonnas.

Le projet prévoit 17 conduites forcées pour l'usine complète (fig. 4 et 6) avec des diamètres variant de 1 m à 1,50 m ; elles seraient en tôle d'acier de 5 à 8 mm d'épaisseur et auraient une longueur moyenne de 60 m.

L'usine (fig 4 et 6) sera établie entre la chambre d'eau et le Drac. Son sol sera à la cote 515, à plus de 8 m au-dessus des eaux normales du torrent. Elle aura 120 m de long et comportera 3 étages qui seront occupés : le rez-de-chaussée par les turbines, le 1[er] étage par les dynamos, et le 2[e] par des ateliers et des logements pour le personnel, ou des salles de transformateurs. Cette disposition n'a d'ailleurs rien d'absolu, elle pourra varier selon l'affectation spéciale de l'usine. Le nombre des unités, turbines et dynamos, prévues est de 27.

Le canal de fuite utilisera, ainsi qu'il a été dit, une partie de l'un des tunnels creusés pour la dérivation des eaux pendant la construction du barrage (1).

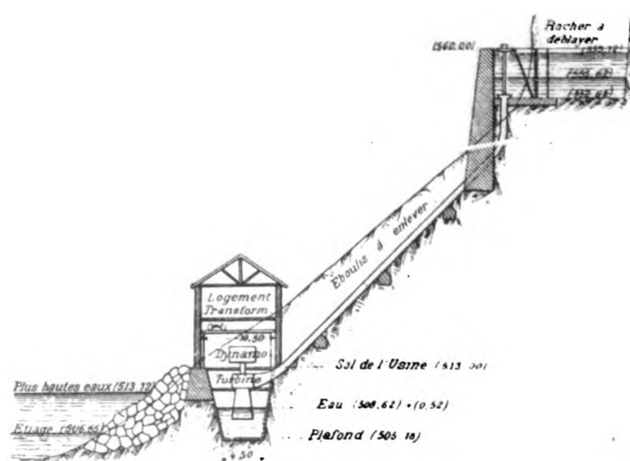


Fig. 6. — Coupe transversale sur l'usine et la chambre d'eau de la chute de Ponsonnas.

Le projet prévoit encore des travaux spéciaux pour l'évacuation des eaux en temps de crues, le débit du Drac pouvant alors s'élever, exceptionnellement il est vrai, jusqu'à 1000 m³ par seconde. Il eut été imprudent de laisser cette masse d'eau se déverser par la crête du barrage, et, d'autre part, la configuration des lieux

(1) Par suite de cette circonstance, son radier se trouvera à la cote 505, soit plus bas que ne le prévoient les traités avec les usagers d'aval ; mais un barrage établi à son extrémité relèvera le niveau à la cote imposée. Cette disposition permettra de profiter, le cas échéant, de la plus forte chute possible, jusqu'au moment où les usagers inférieurs seront en mesure de tirer parti de leurs droits.

ne permet pas l'installation de déversoirs capables d'évacuer cette énorme quantité d'eau. La difficulté a été tournée par la construction de tunnels d'évacuation de 35 m² de section chacun, situés sur la rive gauche (fig. 4), l'un de ces tunnels étant d'ailleurs la galerie de rive gauche creusée pour l'évacuation des eaux pendant la construction du barrage. Ces tunnels seront alimentés chacun par 3 puits, prenant l'eau à la surface, et calculés de manière à ce qu'au moment où, par suite d'une crue, le niveau du lac atteindra son maximum, ils fonctionnent alors comme siphons et puissent absorber les 1 000 m³ prévus. Dans ces conditions, la paroi aval et la base du barrage seront à l'abri des chocs et des affouillements que pourrait déterminer un volume d'eau considérable se déversant par-dessus la crête du barrage et entraînant avec lui des corps flottants, tels que troncs d'arbres, blocs de glace, etc. [1].

Quel sera le prix d'une pareille installation ? Suivant le projet il atteindrait près de 2 000 000 fr, se décomposant ainsi :

Barrage	615 000 fr
Batardeaux	19 600 »
Galerie de rive droite	16 200 »
Canal de fuite	33 750 »
Déversoir du canal de fuite	8 000 »
Galerie de rive gauche	108 000 »
Deuxième tunnel pour les crues	150 000 »
Puits d'adduction aux tunnels	164 000 »
Fermeture de la galerie rive gauche	17 600 »
Fermeture de la galerie rive droite	22 500 »
Premier tunnel d'amenée	26 600 »
Deuxième tunnel d'amenée	43 700 »
Chambre d'eau	117 500 »
Conduites forcées	227 480 »
Usines	98 000 »
Turbines	320 000 »
Total	1 987990 fr

La puissance captée étant de 20 000 chevaux, le prix de revient par cheval se trouverait donc être de 100 fr, soit au plus 110 fr en comptant 10 p. 100 pour tous aléas et imprévus.

Si l'on voulait se contenter en débutant d'une puissance de 9 000 chevaux, la dépense se trouverait réduite à 1 650 000 fr; la dépense par cheval serait alors de 200 fr environ, mais l'aménagement ultérieur pour l'utilisation de la la puissance totale de la chute ressortirait à 550 000 fr, soit 55 fr par cheval, en comptant toujours 10 p. 100 pour les imprévus.

CHUTE DES CHAMBONS. — Cette chute serait établie à environ 6 km en amont de la précédente. En ce point le débit du Drac serait de 20 413 litres par seconde à l'étiage, d'après les relevés officiels. En admettant 15 000 litres : seconde, et une hauteur de chute de 40 m (comprise entre les cotes 557 et 597), la puissance disponible serait de 6 000 chevaux.

La captation de cette puissance est possible de plusieurs manières : 1° par un haut barrage de 40 m situé à l'extrémité aval de la chute : la nature du terrain, non reconnue complètement d'ailleurs, ne semble pas permettre de prendre cette solution ; 2° par un tunnel rectiligne de 2950 m, partant du ruisseau de la Sallette et situé sur la rive droite (fig. 7) : cette solution paraît encore incompatible avec la nature du terrain et, de plus, le perce-

(1) Ce n'est que dans le cas où le débit d'une crue viendrait à dépasser ce chiffre de 1 000 m³ qu'une lame pourrait franchir la crête du barrage. Pour que cette lame atteignît une épaisseur de 1,50, m il faudrait que le débit de la crue s'élevât à 1 200 m³, chiffre qui, suivant l'auteur, ne semble pas avoir encore été atteint,

ment du tunnel ne pourrait être attaqué que par les deux extrémités ; 3° par un tunnel, rive droite, de 3 300 m : la stabilité du terrain paraît très bonne, mais le percement du tunnel présenterait les mêmes difficultés que dans le cas précédent ; 4° par un tunnel, rive gauche, de 3 400 m : ce tunnel se trouverait en entier dans des roches solides et de plus pourrait être attaqué en 5 ou 6 points.

Il serait encore possible de joindre cette chute à celle de Ponsonnas, en substituant au barrage de cette dernière chute un tunnel de dérivation partant du ruisseau de la Sallette ; cette solution offrirait cependant l'inconvénient de ne pouvoir réunir les eaux du Drac et de la Bonne, cette dernière rivière ne pouvant fournir qu'une chute de 73 m, tandis que l'ensemble des deux chutes du Drac présenterait une dénivellation de 90 m.

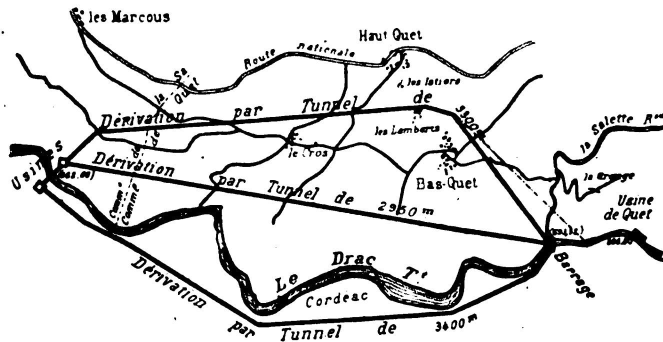


Fig. 7. — Tracés des tunnels possibles pour la chute des Chambons.

Chute de Quet. — L'usine alimentée par cette chute serait située à environ 4 500 m de la précédente et utiliserait très sensiblement le même débit.

Avec une hauteur de chute utile de 67 m, la puissance utilisable serait d'au moins de 10 000 chevaux.

Le projet d'aménagement de cette chute, complètement étudié par M. A. Dumas, ingénieur des Arts et Manufactures, prévoit un barrage de 49 m avec déversoirs, et un canal d'amenée [1] de 890 m (fig. 8, 9 et 10).

D'après le devis établi par M. Dumas, la dépense d'aménagement de la chute complète de 15 000 chevaux, c'est-à-dire utilisant un débit de 22 500 litres, soit 50 p. 100 supérieur au débit d'étiage minimum, serait de 1 650 000 fr, y compris chemin d'accès, turbines et 10 p. 100 d'imprévus. Voici d'ailleurs les éléments de cette dépense :

Barrage	470 000 fr
Batardeaux	13 500 »
Galeries de dérivation (ouverture et fermeture)	68 700 »
Petit barrage-déversoir	11 600 »
Déversoir et origine du canal d'amenée	70 300 »
Canal d'amenée	180 400 »
Chambre d'eau	23 800 »
Conduites forcées	206 300 »
Usine (bâtiment et canal de fuite)	153 800 »
Turbines	240 000 »
Chemin d'accès à l'usine	50 000 »
Total	1 488 400 fr

(1) Au cas où pour une cause quelconque la construction du barrage serait écartée, le canal d'amenée, tel qu'il est prévu dans le projet, pourrait être alimenté par une dérivation du Drac prise, rive gauche, au confluent de la Souloise, en aval du vieux pont de Saint-Brême. La dérivation ainsi créée traverserait ensuite le Drac pour continuer en tunnel sur la rive droite. L'étroitesse du lit du Drac et la solidité de la roche rendraient d'ailleurs facile la traversée du Drac par la dérivation. Les droits de passage du tunnel ont été acquis dans ce but et ce passage a été autorisé par le service des Ponts et Chaussées.

Enfin on pourrait encore, au point indiqué ci-dessus pour la traversée du Drac, établir un barrage de prise d'eau, de 28 m de hauteur, d'où les eaux rejoindraient, par la rive droite, les ouvrages précités. La construction de

En majorant cette somme de 10 p. 100, pour tenir compte des aléas et imprévus de toute sorte, on obtient un total de 1 650 000 fr environ.

Si on voulait réduire la puissance de l'usine à 10 000 chevaux, c'est-à-dire n'utiliser que le débit d'étiage, la dépense serait ramenée à 1 400 000 fr.

Dans le premier cas, la dépense par cheval serait de 110 fr et dans le second, de 140 fr.

Par la dérivation partant du confluent de la Souloise les mêmes dépenses seraient respectivement de 1 950 000 et 1 460 000 fr.

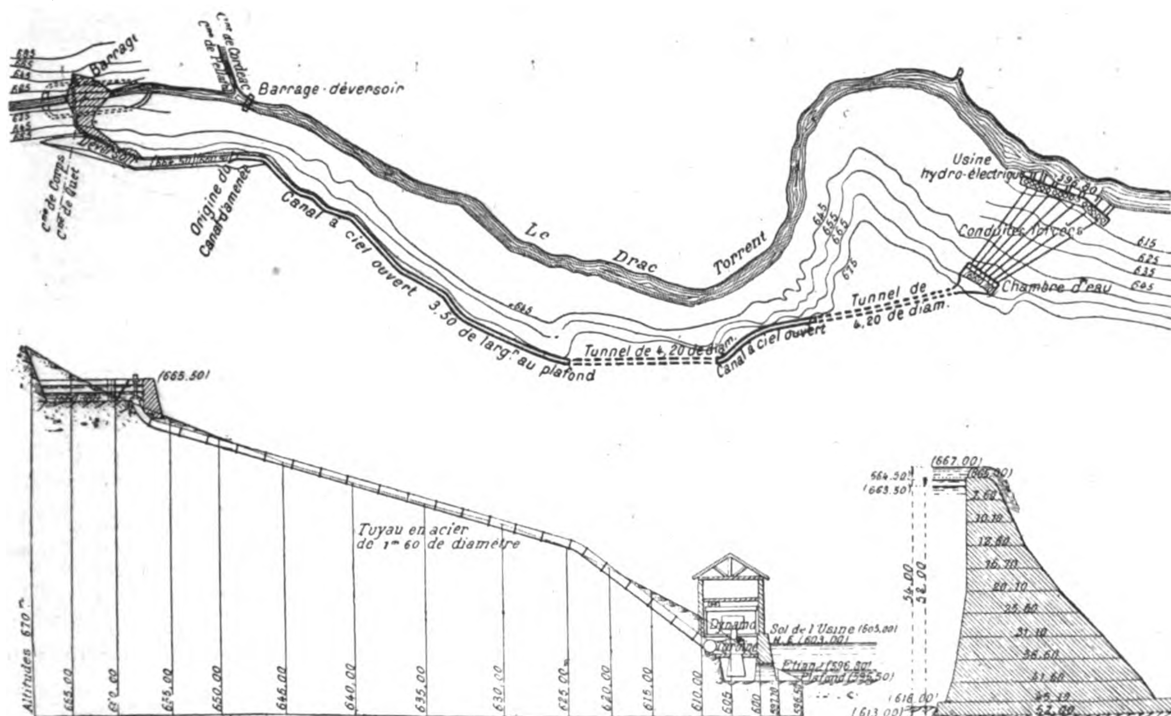


Fig. 8 à 10. — Plan d'ensemble des travaux prévus pour l'aménagement de la chute de Quet; Coupe sur la chambre d'eau et l'usine; Coupe du barrage.

Chute de Corps ou d'Ambel. — Cette chute, établie au confluent de la Souloise, utiliserait d'une part les eaux du Drac, après qu'il a reçu la Séveraisse et, d'autre part, les eaux de la Souloise (fig. 2 et 3). Elle aurait donc en tout, d'après ce qui a été dit plus haut, un débit minimum d'étiage d'environ 15 m³. Avec une hauteur de chute de 75 m, entre les cotes 670 (confluent) et 745 (Pont-Bernard), elle aurait, à l'étiage, une puissance de 11 à 12 000 chevaux.

Les eaux du Drac, prises au-dessous de Pont-Bernard, seraient amenées, par une dérivation de 5 km, sur le promontoire situé entre les deux torrents au point même où a lieu leur réunion. Les eaux de la Souloise seraient amenées au même point par un tunnel ou un canal situé sur la rive droite du torrent.

Il n'a été fait qu'un nivellement de ces deux tunnels, que la nature du sol rendrait faciles, avec pleine sécurité dans l'exécution. Il n'a pas été fait d'étude complète du projet.

---

ce barrage serait facilitée par son emplacement au-dessous du premier coude, rive gauche, de la route de Corps à Mens, d'où un plan incliné de faible longueur atteindrait le lit du torrent.

Ces deux procédés, quoique envisagés et prévus, n'ont pas été l'objet d'une étude détaillée, comme celui du haut barrage. Celui-ci n'est lui-même donné que pour fixer les idées, il est susceptible de toutes les modifications que pourront susciter la destination de la chute et son étude plus approfondie.

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION

Marche en parallèle des alternateurs, spécialement avec commande par moteurs à gaz, par **E. Rosenberg**. *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 425, 15 mai 1902.

Les électriciens ont d'abord imposé aux machines motrices destinées à commander des alternateurs marchant en parallèle, un faible coefficient d'irrégularité (¹) : même dans le cas du courant continu, certains auteurs ont indiqué qu'un coefficient d'irrégularité de $\frac{1}{400}$ était la limite maximum admissible pour obtenir une bonne lumière, alors qu'expérimentalement, MM. Körting ont démontré qu'avec des moteurs à gaz présentant un coefficient de 1/160, on obtenait une lumière parfaite sans la moindre oscillation visible.

On admet maintenant que le coefficient d'irrégularité n'est pas la condition importante pour le bon fonctionnement, et qu'il faut y substituer la considération de l'écart angulaire maximum entre la manivelle du moteur et une manivelle idéale tournant d'une façon uniforme avec la même vitesse moyenne, écart que nous désignerons dans ce qui va suivre sous le nom abrégé *d'écart angulaire* : cette théorie est beaucoup plus rationnelle, étant donné que les courants de circulation entre les alternateurs marchant en parallèle sont proportionnels à cette grandeur.

Partons du diagramme de la pression tangentielle au bouton de manivelle ; ce diagramme est en général une courbe périodique quelconque ; pour simplifier nous supposerons d'abord que dans la machine en étude cette ligne soit une sinusoïde *acb* répartie au-dessus et au-dessous d'une pression moyenne, représentée par l'horizontale *ab* (fig. 1*a*), et qui correspond à la contre pression du couple résistant, supposé constant.

La période de la sinusoïde correspond à un cycle de travail, soit respectivement pour les machines dites à 4, 2, 1 et 1/2 temps, une période égale à 2, 1, 1/2 et 1/4 tour de la machine.

Nous appellerons force pendulaire l'excès de

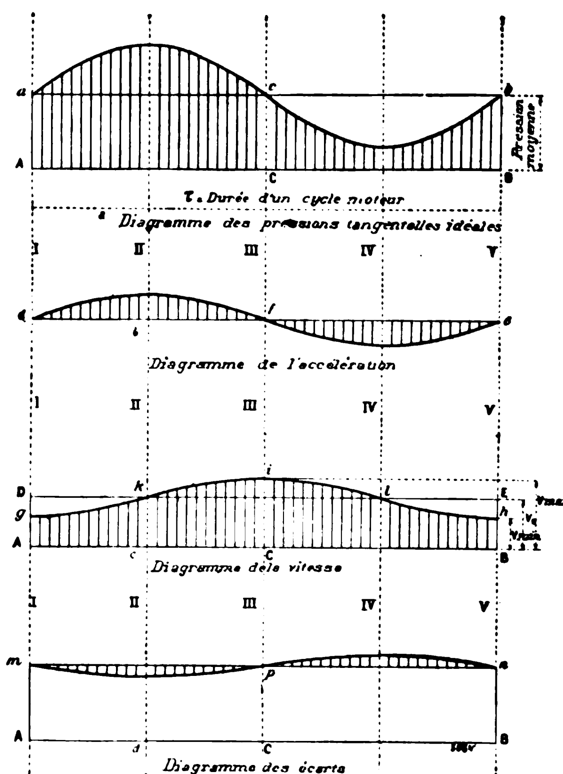


Fig. 1. — 1 *a*, 1 *b*, 1 *c*, 1 *d*.

la pression vraie sur la pression moyenne ; dans la première moitié du cycle, la force pendulaire est positive ; il lui correspond une accélération positive, proportionnelle à cette force pendulaire et inversement proportionnelle au moment d'inertie, représentée par la figure 1*b* ; et le diagramme des accélérations est semblable à celui des forces pendulaires, sauf l'échelle ; le diagramme des vitesses angulaires se déduit du précédent par intégration : dans la première moitié du cycle, l'accélération étant positive, la vitesse va en augmentant, elle passe par un maximum quand l'accélération est nulle et en résumé c'est une sinusoïde décalée de 1/4 de

(¹) Le coefficient d'irrégularité est défini ici par le rapport

$$\frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{2\omega_{moyen}}.$$

période en retard sur celle de l'accélération (fig. 1*c*).

La ligne moyenne DE représente la vitesse V_0, et la différence avec celle-ci, la vitesse pendulaire.

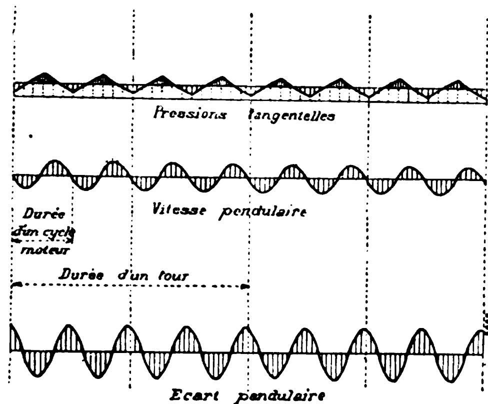


Fig. 2. — Diagrammes de machines à vapeur à 2 cylindres avec manivelles calées à 90°.

De même, le chemin parcouru par la manivelle relativement à une manivelle idéale de vitesse uniforme V_0, est aussi une sinusoïde, donnée par

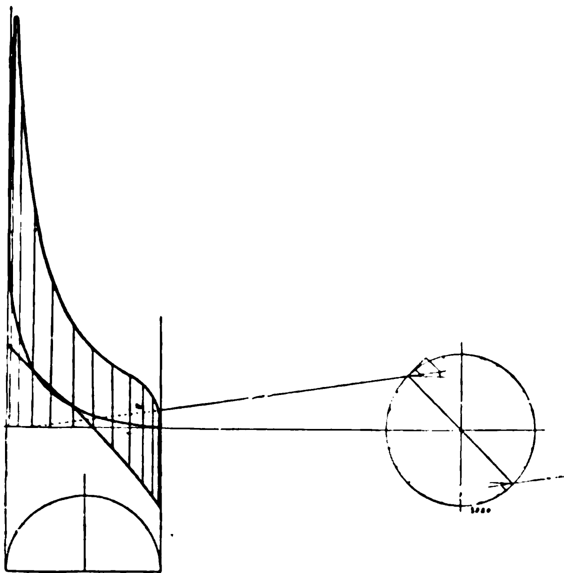


Fig. 3. — Construction du diagramme des pressions tangentielles d'un moteur à gaz à 4 temps.

l'intégration du diagramme des vitesses pendulaires, décalée sur celle-ci de 1/4 de période en retard (fig. 1*d*); l'écart angulaire maximum ou écart pendulaire en avance est donc obtenu quand la vitesse est nulle, et l'accélération ou la force pendulaire *négative* et *maximum* en valeur absolue.

Dans la pratique les diagrammes de pression tangentielle ne sont pas des sinusoïdes : ils s'en écartent peu dans le cas des machines à deux cylindres avec manivelles calées à 90° (fig. 2) ; on voit que la vitesse angulaire est presque sinusoïdale et que l'écart pendulaire l'est complètement.

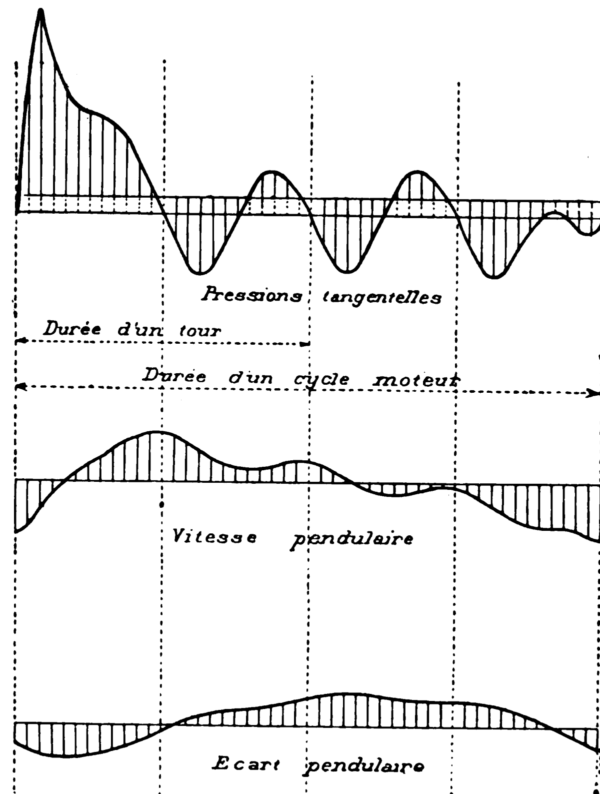


Fig. 4. — Diagrammes d'un moteur à gaz à 4 temps.

La figure 3 donne le procédé de construction du diagramme des pressions tangentielles d'un moteur à gaz à 4 temps, la figure 4, le diagramme obtenu, en tenant compte de l'action des masses en mouvement alternatif; ce diagramme s'éloigne beaucoup de la sinusoïde ; la vitesse pendulaire est déjà moins irrégulière et l'écart pendulaire est presque sinusoïdal ; il est maximum et en retard quand la pression est maximum, et l'accélération maximum est positive, (explosion).

Désignons par V_0 la vitesse angulaire moyenne, v_0 la vitesse pendulaire maximum, k le coefficient

d'irrégularité, s_0 l'écart angulaire maximum, (ou écart pendulaire maximum, demi-amplitude de l'oscillation pendulaire).

La vitesse pendulaire moyenne étant pendant un quart de la période τ de travail, dans l'hypothèse d'une loi sinusoïdale de cette vitesse, $\frac{2}{\pi} v_0$, l'espace parcouru pendant ce temps sera

$$S_0 = \frac{2}{\pi} v_0 \frac{\tau}{4}.$$

Or si l'on remarque que l'on a

$$k = \frac{V_0 + v_0 - (V_0 - v_0)}{2V_0} = \frac{v_0}{V_0},$$

et

$$\tau V_0 = \frac{2\pi}{N},$$

où N désigne le nombre de cycles de travail par tour, il vient

$$S_0 = \frac{k}{N} \text{ (1)}.$$

La donnée importante pour l'électricien est le rapport de cet écart pendulaire à la fraction de circonférence correspondant à deux pôles, soit l'écart pendulaire électrique qui, exprimé en degrés d'une machine bipolaire, a pour valeur dans une machine à $2p$ pôles

$$\sigma_0 = \frac{k}{N} \frac{360^\circ}{2\pi} p.$$

L'auteur cite les trois exemples suivants :

Types de Machines	N	k	p	S_0	σ_0
Moteur à gaz monocylindrique à 4 temps...	1/2	$\frac{1}{250}$	24	0,46°	11°
Moteur à gaz à deux cylindres (2 temps)..	1	$\frac{1}{300}$	20	0,19°	3,8°
Machine à vapeur compound à manivelles rectangulaires (1/2 temps)	4	$\frac{1}{720}$	40	0,02°	0,8°

D'après cette expression de l'écart angulaire en fonction du coefficient d'irrégularité, pour obtenir une valeur constante de l'écart angulaire, il faudrait adopter des coefficients d'irrégularité d'autant plus petits que le moteur est à un plus grand nombre de temps : à une machine compound à un demi-temps, de coefficient $k = 1/400$, il faudrait opposer un moteur à 4 temps avec $k = \frac{1}{3200}$, chose absolument inadmissible en pratique. Cette considération est absolument fausse, car elle ne tient pas compte de deux phénomènes fort importants, savoir : d'abord la réaction du mouvement pendulaire sur le diagramme des pressions tangentielles, et ensuite les modifications irrégulières du travail moteur ou résistant portant sur plusieurs tours.

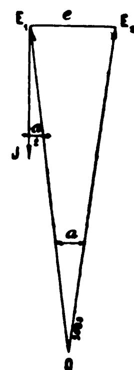


Fig. 5.

Réaction du mouvement pendulaire sur le diagramme des pressions tangentielles.

Soient (fig. 5), OE_1 et OE_2 les forces électromotrices égales de deux alternateurs en parallèle, OE_2 étant en avance sur OE_1 de l'angle α ; la différence des deux tensions est $e = \overline{E_1E_2} = 2E \sin \frac{\alpha}{2}$, le courant J qui en résulte, agissant sur des circuits dont la résistance ohmique est négligeable par rapport à la self-induction est décalé de $\pi/2$ en retard sur la tension e; il est à peu près proportionnel à la force électromotrice e et si J_0 désigne le courant de court-circuit sous l'excitation qui donne E, on peut écrire

$$J = J_0 \frac{e}{2E} = J_0 \sin \frac{\alpha}{2}.$$

Le courant faisant avec chacun des vecteurs OE_1 et OE_2 un angle $\alpha/2$, la puissance mise en jeu ou puissance synchronisante est

$$EJ_0 \sin\frac{\alpha}{2} \cos\frac{\alpha}{2} = (EJ_1 \cos\varphi).\frac{J_0}{2J_1 \cos\varphi} \sin\alpha = W \frac{J_0}{2J_1 \cos\varphi} \sin\alpha.$$

J_1 désignant le courant de charge, cos φ le fac-

(1) Cf. Wikander. *L'Éclairage Électrique*, t. XXV, p. 382, 8 déc. 1900.

teur de puissance, W la puissance de l'alternateur.

En d'autres termes, en raisonnant sur les couples proportionnels aux puissances, on peut dire : *le couple synchronisant est égal au produit du couple normal par le sinus de l'angle d'écart et par le rapport du courant de court-circuit au double du courant watté en marche normale.*

On peut d'ailleurs dans ces petits angles remplacer le sinus par l'arc sans erreur appréciable.

Si par exemple on suppose $J_0 = 3J_1$, $\cos \varphi = 0{,}8$ (réseau de moteurs asynchrones), on a $C_s = 1{,}88\ C_1 \sin \alpha$, C_s et C_1 étant respectivement les couples synchronisant et normal.

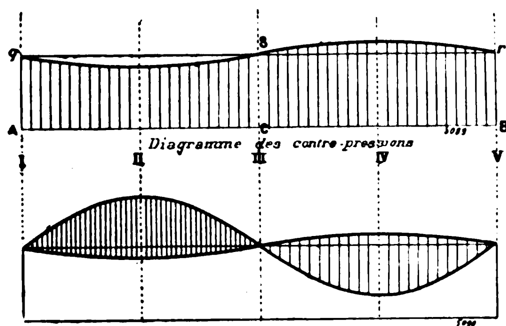


Fig. 6.

6 *a*. — Forme sinusoïdale de la courbe de contre-pression due à la réaction pendulaire.

6 *b*. — Modification du diagramme des pression tangentielles ou des forces pendulaires due à la réaction pendulaire.

De l'existence de cette réaction, il résulte que la ligne de contre-pression du travail résistant n'est plus une droite, mais une courbe sinusoïdale telle que celle de la figure 6_a, et que par suite le diagramme des pressions tangentielles ou des forces pendulaires doit être modifié comme le montre la figure 6_b.

On voit sur la figure 6_b que la réaction du mouvement pendulaire augmente la force pendulaire : la puissance dite synchronisante est donc au contraire une puissance désynchronisante : elle arrive en retard pour modérer l'accélération et tend au contraire à l'augmenter, de la même façon qu'agirait un régulateur sensible avec lequel on voudrait régler des oscillations rapides.

Le coefficient d'irrégularité d'une machine ne reste plus le même, mais augmente dès que cette machine conduit un alternateur fonctionnant en parallèle avec d'autres : c'est sur ce coefficient corrigé qu'il faut se baser, et comme l'augmentation provenant du fait de l'action synchronisante est d'autant plus grande par rapport à la force pendulaire initiale qu'il y a plus de cycles de travail par tour, il faut exiger des machines un écart pendiculaire d'autant plus petit que la machine fonctionne avec un moins grand nombre de temps : par exemple, les

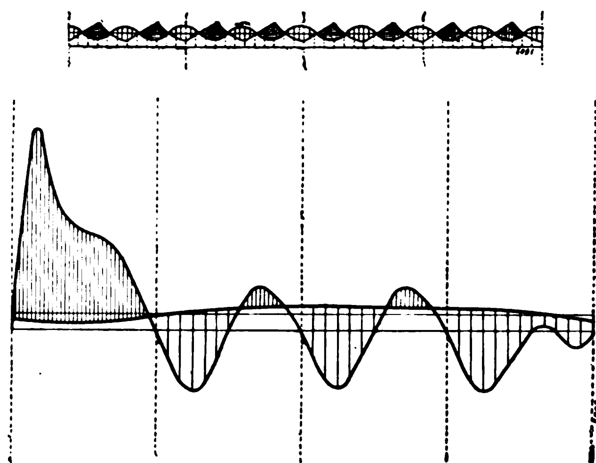


Fig. 7 et 8.

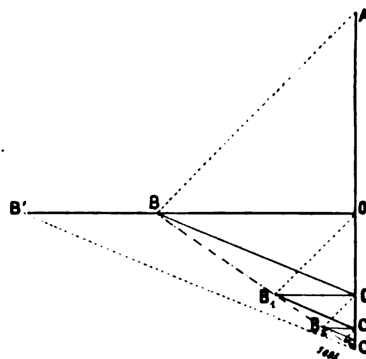


Fig. 9. — Diagramme polaire du mouvement pendulaire.

figures 7 et 8 montrent deux cas différents où une même avance angulaire électrique de 15° amène une force tangentielle synchronisante sensiblement égale à la moitié de la pression tangentielle normale, et qui se trouve par suite correspondre à 0,84 de la force pendulaire pour le cas de la machine compound (1/2 temps) de la figure 7, et à $\frac{1}{14}$ seulement pour le cas du moteur à gaz à 4 temps.

Diagramme polaire du mouvement pendulaire. — Portons en OA (fig. 9), un vecteur représentant la force pendulaire primaire, déduite du diagramme des pressions tangentielles ; adoptons le sens de rotation des aiguilles d'une montre ; OB sera la vitesse pendulaire, OC l'écart pendulaire ; adoptons pour échelle des écarts une échelle telle que OC représente en même temps à l'échelle des forces, la force synchronisante, et à l'échelle des écarts, l'écart angulaire maximum. Pour un moment d'inertie donné, OB reste

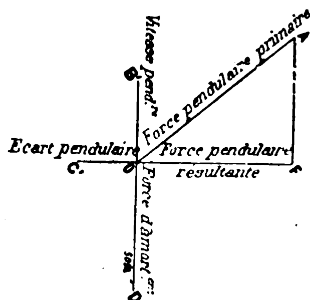


Fig. 10 — Diagramme de l'amortissement.

en rapport constant avec OA, et OC avec OB. Par suite en menant par O une parallèle OB_1 à AB on obtient le vecteur CB_1 qui représente le supplément de vitesse pendulaire dû à la force synchronisante OC ; mais à ce supplément de vitesse pendulaire correspond un accroissement CC_1 d'écart angulaire, etc., et en poursuivant le raisonnement (analogue à celui de la méthode bien connue de M. Picou pour l'établissement de la caractéristique externe shunt d'une dynamo, en partant de la caractéristique à excitation indépendante), on obtient l'écart angulaire définitif OC′ et la vitesse pendulaire définitive OB′ en prolongeant BB_1 jusqu'au point d'intersection C′ avec la verticale OC, et menant par C′ une parallèle à BC qui coupe OB en B′.

Si on pose $\frac{CO}{OA} = q$, on a

$$OC' = OC \frac{1}{1-q},$$

et par suite à des forces synchronisantes égales respectivement à

$$\frac{1}{10}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3} \text{ et } \frac{1}{2}$$

de la force pendulaire primaire, correspondent des écarts angulaires définitifs égaux à

$$\frac{10}{9}, \frac{5}{4}, \frac{3}{2}, \frac{2}{1}$$

de l'écart dû à la force primaire seule ; le coefficient d'irrégularité et l'écart angulaire sont multipliés par ces nombres.

En pratique ces phénomènes se compliquent à cause de l'amortissement des oscillations occasionné par les courants induits dans les masses polaires massives ou les amortisseurs des alter-

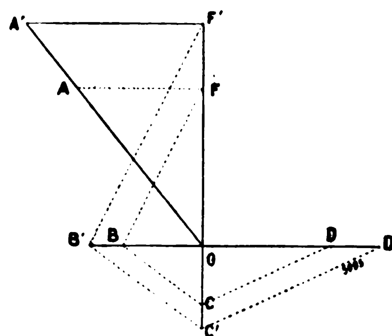


Fig. 11. — Construction du diagramme de l'amortissement.

nateurs. Le couple amortisseur est absolument analogue à celui d'un moteur asynchrone et peut être considéré comme proportionnel au glissement, c'est-à-dire à la vitesse pendulaire, et directement opposé à cette dernière. On peut le déterminer expérimentalement en faisant fonctionner l'alternateur débiellé comme moteur asynchrone et en mesurant le couple au frein et le glissement par un procédé stroboscopique quelconque.

Ceci posé, le diagramme de l'amortissement (fig. 10) est un triangle rectangle dont les deux côtés de l'angle droit sont la force résultante et la force d'amortissement, et l'hypothénuse la force pendulaire primaire : l'écart angulaire est décalé de moins de 180° en retard sur la force pendulaire primaire et la force résultante et par suite l'écart angulaire et le coefficient d'irrégularité sont diminués par l'amortissement.

La figure 11 donne la construction du diagramme. On détermine par le calcul, en tenant compte de la durée du cycle τ et du moment d'inertie les rapports des vecteurs : OF, force pendulaire primaire ; OC, écart angulaire définitif ; OB, vitesse pendulaire définitive. OD, vec-

teur d'amortissement se déduit de l'essai expérimental indiqué plus haut.

Puis on construit, pour une valeur quelconque de la force pendulaire, les valeurs OF', OB', OC', OD'. Menant par F' une droite parallèle et égale à D'O, on obtient en OA' la force pendulaire primaire correspondant à ces valeurs après introduction de l'amortissement ; si la force pendulaire vraie a une valeur quelconque différente, OA par exemple, en menant des parallèles, on obtient les nouvelles valeurs vraies OB, OC et OD des vitesses, écart et amortissement.

Modifications irrégulières des travaux moteur et résistant. — Le diagramme des pressions tan-

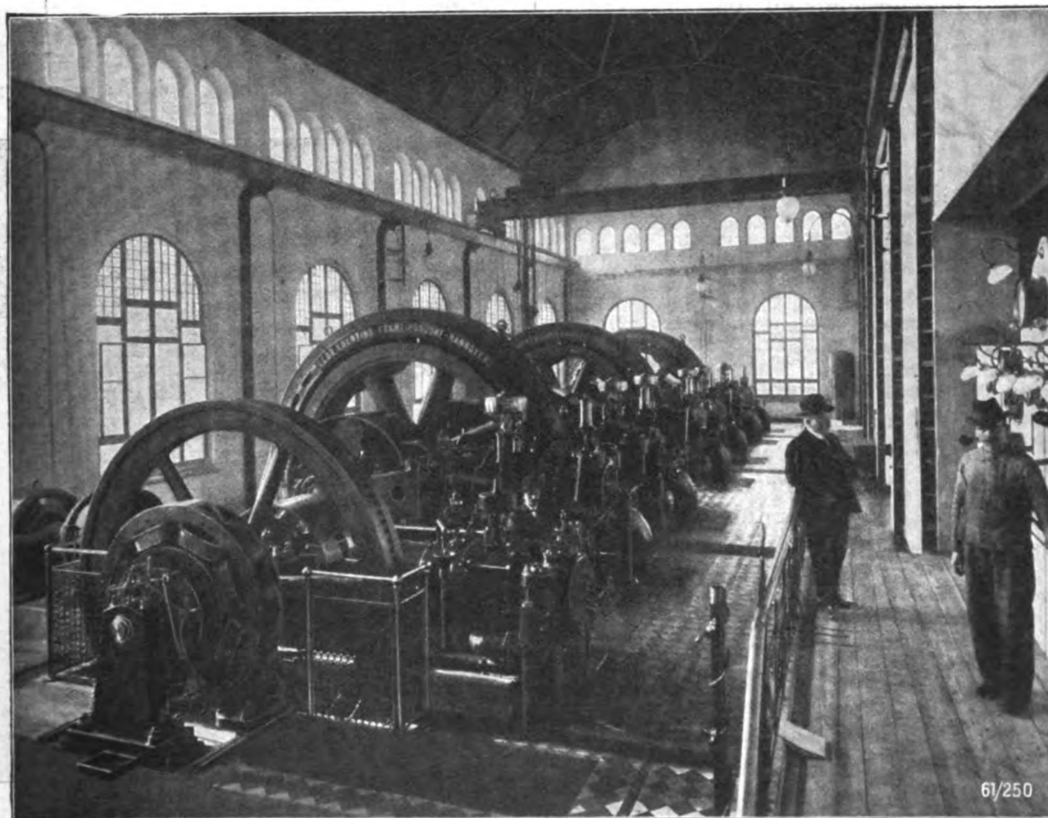


Fig. 12. — Vue intérieure de l'usine génératrice de Julienhütte avec moteurs à gaz de Körting frères.

gentielles ne tient aucun compte des variations irrégulières du travail moteur (variations de la pression des chaudières pour les machines à vapeur ou de la composition chimique du gaz pour les moteurs à gaz), des variations de la charge résistante, et du jeu du régulateur. Une machine quelconque est d'autant plus sensible à ces à-coups que son diagramme normal de pressions tangentielles est meilleur, car le volant est déterminé par ce diagramme et naturellement beaucoup plus lourd pour les machines à fortes pressions pendulaires : le volant d'un moteur à gaz à 4 temps qui doit lutter contre une force pendulaire considérable neutralisera plus facilement un à-coup quelconque de charge ou de travail moteur, qu'un volant de machine à plusieurs manivelles qui a été déterminé pour combattre une force pendulaire très faible.

Si l'on joint à cela les perturbations apportées dans les machines à expansion multiple, par la différence des charges dans les divers cylindres, dès qu'on s'éloigne de la pleine charge, on conclura que pour parer aux augmentations de force pendulaire dues à la réaction des autres machines et aux à-coups divers de la marche, il faut exiger d'une machine un coefficient d'irrégularité d'autant plus petit qu'il y a plus de cycles moteurs par tour.

L'auteur fait ensuite remarquer que dans le cas de commande par moteurs à gaz, monocylindriques à 4 temps, il vaut mieux s'assujettir à coupler les moteurs en synchronisme de temps que d'augmenter exagérément les dimensions des volants : ceci n'est cependant pas possible quand il y a sur le réseau des moteurs synchrones à faible moment d'inertie, car ces moteurs sont ainsi soumis à une force pendulaire considérable qui amène leur décrochage.

Il est à noter d'ailleurs qu'un courant de circulation dont l'amplitude i_0 est égale aux 2/3 de la valeur efficace du courant normal d_1, et qui par suite est relativement considérable, augmente l'échauffement dans le rapport

$$\frac{\sqrt{J_1^2 + \frac{i_0^2}{2}}}{J_1} = \frac{\sqrt{J_1^2 + \left(\frac{\frac{2}{3} J_1}{2}\right)^2}}{J_1} = 1,1$$

soit seulement une action analogue à celle d'une surcharge de 10 p. 100.

Moteurs synchrones. — Pour un moteur synchrone à charge constante, la contre-pression est une ligne droite. La force pendulaire secondaire de la machine génératrice est ici la source originelle de la force pendulaire primaire du moteur : la réaction du moteur, combinée avec l'amortissement agit pour renforcer cette force, et le diagramme s'établit comme dans les cas précédents. Le moteur réagit aussi sur le générateur, dans lequel finalement la force pendulaire comprend trois composantes : la force pendulaire primaire, la réaction du générateur sur le travail moteur et la réaction du moteur sur le générateur.

Le fonctionnement du moteur devient impossible lorsque cette réaction du moteur, ou force pendulaire tertiaire est grande par rapport à la force pendulaire primaire du moteur : il faut alors augmenter le moment d'inertie par un volant ou munir le moteur d'un amortisseur.

En terminant, l'auteur décrit l'installation des hauts fourneaux « Julienhütte » dans la haute Silésie, effectuée par la maison Körting frères (fig. 12).

Elle comprend actuellement six moteurs à gaz de 300 chevaux (fig. 13). Le gaz employé est du gaz de four à coke, de puissance calorifique tenant le milieu entre le gaz de ville et le gaz de hauts fourneaux. Les moteurs sont du type à deux cylindres, à manivelles parallèles, à explosions décalées de 360°, et par suite formant une machine à deux temps (un cycle moteur par tour). Le gaz et l'air sont mélangés dans une chambre avant d'entrer au moteur et le régulateur agit sur la quantité de gaz admise : la marche se fait sans ratés, même à vide : la différence de vitesse est de 3 p. 100 entre le vide et la pleine charge.

Le coefficient d'irrégularité est $\frac{1}{300}$, le volant constitué par les inducteurs de l'alternateur tri-

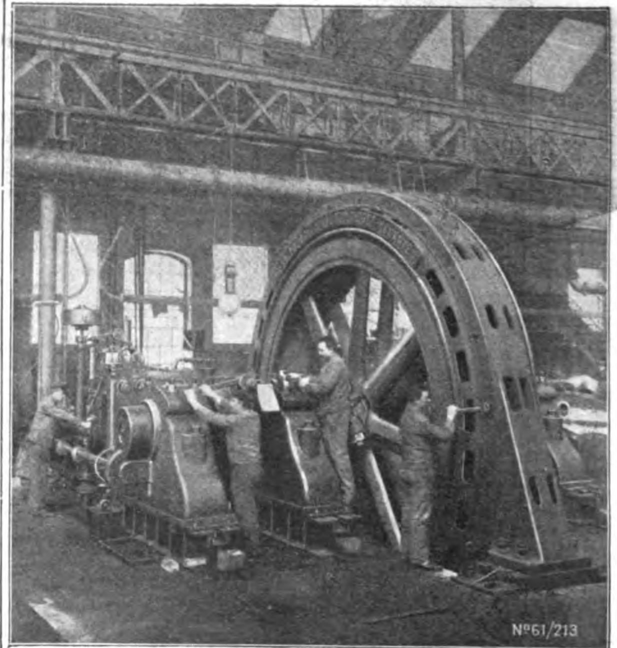


Fig. 13. Vue d'un moteur à gaz Körting accouplé directement à un alternateur triphasé.

phasé. Ces alternateurs ont les constantes suivantes : 250 kilovolts-ampères, 600 volts composés, 240 ampères par phase ; $2p = 40$; nombre de tours par minute, 140 ; fréquence 46,75. Les pièces polaires sont massives, et les bobines maintenues par des masses de bronze, fonctionnant aussi comme amortisseurs (fig. 14). Sur l'induit sont disposés cinq noyaux radiaux dont deux bobinés, formant frein magnétique sur la culasse du volant : ce frein sert à charger l'alternateur pour le couplage et le découplage, il donne aussi un moyen de mesurer le couple d'amortissement : il peut absorber sans échauffement dangereux 150 à 200 chevaux, d'une façon continue.

On peut coupler les moteurs dans n'importe

quelle position des manivelles, sans qu'il en résulte d'oscillations dans la lumière.



Fig. 14. — Induit avec coupure inférieure laissant voir les cinq noyaux radiaux dont deux bobinés formant frein magnétique.

Les constantes de la marche en parallèle sont : courant de court-circuit sous excitation normale 800 ampères, soit 3,33 fois le courant normal ; $\cos \varphi = 0,8$; couple synchronisant pour un écart angulaire α,

$$C_s = C_1 \frac{800}{2 \times 240 \times 0,8} \sin \alpha = 2,08\, C_1 \sin \alpha ;$$

non compris amortissement,

$$\sigma_0 = 3,8^\circ ;$$
$$C_s = 0,135\, C_1 ;$$

couple pendulaire $= 3,1 C_1$; par suite $C_s = \frac{1}{23}$ du couple pendulaire primaire, et l'écart angulaire définitif est

$$\frac{23}{22}\, 3,8^\circ = 4^\circ.$$

Le courant de circulation théorique correspondant est 28 ampères, soit 11,5 p. 100 du courant normal : à vide, on a observé sur un ampèremètre à fil chaud 20 à 30 ampères ; l'amplitude de la vitesse pendulaire est 0,0035 V_0, soit un glissement de 1/3 p. 100, ce qui rend certainement l'amortissement fort peu important. Celui-ci n'atteint une valeur considérable que dans les machines qui présentent un diagramme des pressions tangentielles favorable et un mauvais coefficient d'irrégularité.

A. M.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET TECHNIQUES

AMERICAN INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS

Séance du 18 juin 1902.

Un nouvel instrument traçeur de courbes, par **R.-B. Owens**, d'après *Electrical Review*, N. Y., t. XLI, p. 81-82, 19 juillet 1902.

Cet instrument ressemble à un galvanomètre différentiel où l'équipage mobile est constitué par une bobine suspendue à un bifilaire en bronze phosphoreux qui sert à amener le courant. Le courant variable dont on veut obtenir une valeur instantanée est amené dans une paire de bobines fixes dont les plans sont perpendiculaires à la bobine mobile ; un courant continu de valeur convenable est amené dans une autre paire de bobines concentriques aux précédentes ; un contact ferme le circuit de la bobine mobile sur une source de force électromotrice constante. On règle le courant continu des bobines fixes jusqu'à ce que la fermeture du contact ne donne plus lieu à aucune élongation de l'équipage mobile. Par une mesure préalable, on détermine le rapport des courants nécessaires dans les bobines fixes pour qu'il n'y ait plus d'élongation. En déplaçant la manette établissant le circuit de la source variable, on obtient tous les points de la courbe, comme dans la

méthode de Joubert. L'auteur revendique pour cet instrument une grande sensibilité et l'indépendance de ses indications de la durée du contact.

P.-L. Charpentier.

Perte d'énergie dans les diélectriques usuels soumis à des tensions alternatives élevées, par **Ch.-E. Skinner**, d'après *Electrical Review*, N. Y., t. XLI, p. 82-87, 19 juillet 1902.

L'auteur se propose de rechercher les effets de cette perte d'énergie sur les isolants courants à l'état brut ou manufacturé, sans discuter les théories émises depuis une dizaine d'années à ce sujet. Ces résultats sont le produit d'expériences effectuées pendant les cinq ou six dernières années, et s'appliquent surtout aux isolants de structure fibreuse, comme le papier et la toile, imprégnés ou non de substances isolantes. Un grand nombre d'observations a été nécessaire dans chaque cas, pour arriver à une conclusion et les résultats sont avant tout qualificatifs. Les fréquences employées ont été principalement de 25, 60 et 133 périodes; et les tensions varient de quelques milliers de volts à environ 100000 volts.

Variations de la température avec le temps. — Pour éviter l'influence des conditions extérieures, on s'est astreint à mesurer la température de l'intérieur des isolants; ces derniers étaient placés entre deux plaques métalliques à bords arrondis, d'un diamètre de 22,5 cm; le rayon de la génératrice formant le bord étant de 37 mm environ. Après l'essai de différentes méthodes de mesure des températures, l'auteur s'est arrêté à la disposition d'un petit élément thermique plomb-cuivre dont les extrémités étaient maintenues dans la glace fondante. Les échantillons en essai avaient de 3 à 6 mm d'épaisseur.

Ces expériences ont conduit aux conclusions suivantes :

Avec des tensions modérées, la température croît rapidement dans les premiers instants pour devenir ensuite constante; l'élévation dépend de la conductibilité calorifique de la substance et de la température ambiante.

L'élévation de température peut être telle que l'isolant est carbonisé.

Dans une substance mal séchée la température croît plus vite et décroît avec le séchage résultant de la chaleur dégagée.

Avec des substances mal purifiées et soumises aux essais sous une grande surface, il se présente des places décolorées et qui s'échauffent davantage, et c'est toujours là que se produit la rupture diélectrique.

La rupture finale dans les matières fibreuses résulte presque toujours de la carbonisation et non de la rupture mécanique; ce fait est surtout probable, quand la tension appliquée est inférieure à celle de la rupture du diélectrique, et quand un temps appréciable s'écoule avant la rupture.

Si, par un moyen quelconque, on refroidit la substance, la rupture met bien plus de temps à se produire, à tension égale.

Dans les substances fibreuses, la température atteinte avant la rupture était généralement de 175° C. environ; mais elle s'élevait rapidement aux points où la rupture se produisait.

L'élévation de température finale croît rapidement avec la température initiale et l'expérience a montré que la rupture se produisait plus aisément avec des températures initiales plus élevées.

L'auteur donne plusieurs courbes résumant ces conclusions.

Variation de la perte d'énergie avec la température. — Dans ces expériences il s'agissait de mesurer des puissances souvent inférieures à 100 watts, à des voltages variant de 2000 à 40000 volts, et avec un facteur de puissance inférieur à 0,10. L'auteur emploie un calorimètre à huile, préalablement étalonné au moyen d'une résistance traversée par un courant continu, ce qui faisait connaître la relation entre l'échauffement et la perte d'énergie. Les mesures étaient longues et pénibles avec cette méthode; l'auteur fit construire un wattmètre statique spécial, dont les résultats furent en concordance avec ceux de la méthode calorimétrique, mais étaient obtenus beaucoup plus rapidement.

L'auteur en déduit que la perte d'énergie dans les substances fibreuses augmente avec la température et plus rapidement que cette dernière; elle dépend de la nature et du degré d'humidité de la substance.

L'échauffement local plus grand, dont il est parlé ci-dessus, provient de pertes d'énergie plus grandes en certains points.

La perte d'énergie augmente très rapidement quand on approche de la température de carbonisation.

Des essais prolongés à haute tension détériorent sérieusement les substances, sans que les mesures révèlent de défaut; il se produit un phénomène analogue aux déformations permanentes des matériaux soumis à des efforts mécaniques.

Variation de la perte d'énergie avec la tension. — Il faut distinguer cette variation à températures constante ou variable.

1° *A température constante.* — Si la perte dans le diélectrique est due à une conductibilité partielle, suivant l'opinion de Hess, on doit s'attendre à ce que la perte varie comme le carré de la tension. Steinmetz trouve que la loi n'est pas exacte pour les basses tensions, parce qu'il ne maintient pas la température constante. Avec cette précaution, l'auteur a trouvé la loi exacte, quoique la perte d'énergie soit un peu plus forte qu'elle ne l'indique.

2° *A température variable.* — Il est à prévoir, d'après ce qui précède, que la perte d'énergie augmentera plus vite que le carré de la tension, puisqu'elle augmente rapidement avec la température. Cette augmentation dépendra naturellement des conditions de refroidissement, de la durée des expériences, de la température initiale et de la température ambiante.

Variation de la perte d'énergie avec la fréquence. — Aux basses températures, la variation semble être proportionnelle à la fréquence; dans d'autres séries d'essais, l'auteur l'a trouvée proportionnelle à la racine carrée de la fréquence.

Perte d'énergie dans l'isolation des grands alternateurs. — L'auteur a tenu à vérifier quelques-unes de ces conclusions sur deux grands alternateurs Westinghouse, destinés au chemin de fer de Manhattan. Les alternateurs étaient de 5 000 kilowatts, enroulés pour donner 11 000 volts triphasés aux bornes. Des essais en fabrication ont montré que l'isolant possédait une résistance à la rupture de 80 000 à 90 000 volts appliqués rapidement; un essai de trente minutes, à 35 000 volts, révéla un échauffement excessivement faible.

Les essais de perte d'énergie furent effectués à 5 000, 10 000, 15 000, 20 000 et 25 000 volts. La quantité totale de matière isolante soumise à l'essai était de 320 dm^3 environ, et la perte d'énergie, à 25 000 volts, était d'environ 0,02 watt par cm^3. Avec 11 000 volts entre l'enroulement et le bâti, la perte mesurée était moindre qu'un kilowatt pour une machine. Comme il n'y aurait que 6 400 volts environ entre le bâti et l'enroulement, quand la machine fournira ses 11 000 volts, et que la perte d'énergie varie avec le carré de la tension, on voit que cette perte est entièrement négligeable quant au rendement et à l'échauffement, bien que ce soit une grandeur parfaitement mesurable. Dans ce cas particulier, la perte augmente rapidement au delà de 25 000 volts, comme le montre les courbes citées par l'auteur.

La construction de pareilles courbes n'est pas nécessaire pour les objets manufacturés, parce que les essais de durée sont toujours effectués à des tensions bien inférieures aux tensions de rupture. Nous ne sommes pas de cet avis en ce qui concerne les câbles de haute tension, attendu que les ruptures qui se présentent encore si fréquemment dans les canalisations, même en fabrication, montrent que les constructeurs ne se tiennent pas, pour les essais de durée, assez au-dessous de ce qu'on peut appeler « la limite d'élasticité », ou inversement, que leur résistance à la rupture est, en général, trop faible.

P.-L. C.

Prédétermination de la puissance des trains électriques au moyen d'une voiture dynamomètre, par B.-J. Arnold, d'après *Electrical Review*, N. Y, t. XLI, p. 104-106, 26 juillet 1902.

L'auteur a été chargé d'étudier les conditions d'exploitation de la ligne reliant Mott Haven Junction et Grand Central Station (N. Y.) au moyen de l'électricité [1]. Etant donné le nombre et la variété des éléments dont il y avait à tenir compte, la méthode que l'on adopta pour déterminer la puissance requise pour la manœuvre des trains consista à mesurer, au moyen d'une voiture-dynamomètre, les poids

[1] Ce tronçon de ligne, d'une longueur de 8,5 km, amène à New-York les trains de trois compagnies au moyen de quatre voies seulement; ce qui oblige les trains de revenir de la Grand Central Station à Mott Haven, et produit une circulation d'environ 600 trains par jour. La voie passant dans un tunnel de 3,3 km, la compagnie entreprit d'actionner ses trains à l'électricité.

variés pour déduire la puissance moyenne nécessaire.

Cette voiture était accrochée entre la locomotive et le train, et parcourait la voie deux fois au moins, dans les deux directions, avec chaque classe de trains.

L'effort de traction est mesuré au moyen d'un piston auquel le train est attaché ; ce piston se meut dans un cylindre rempli d'huile et en communication avec une sorte de manomètre de Bourdon enregistreur. La feuille de papier est animée d'un mouvement imprimé, avec une réduction convenable, par les roues de la voiture même, de telle sorte que l'ordonnée de la courbe enregistrée soit proportionnelle, à l'effort de traction. L'axe des abscisses, les temps et les positions sur la voie sont enregistrés par des styles distincts, le premier mû par un mouvement d'horlogerie enregistre toutes les cinq secondes, le second est actionné par un contact électrique manipulé au bornes kilométriques, aux stations, etc. Les autres instruments renfermés dans la voiture étaient un enregistreur de vitesse Boyr, un anémomètre, et une girouette. La pression de l'huile dans le cylindre variait de 21 à 70 kg par cm².

Etant donné que la vitesse des trains sur ce parcours n'excède jamais 55 km à l'heure, et que les voitures sont toujours au nombre d'au moins trois, on n'a pas eu à tenir compte de la résistance de l'air.

On déterminerait l'ordonnée moyenne de la courbe enregistrée et, en la multipliant par les constantes convenables, on en déduisait l'effort de traction moyen entre deux arrêts consécutifs. Connaissant cet effort et la vitesse moyenne on en déduit aisément la puissance en chevaux nécessaire pour actionner le train non compris la locomotive.

Une inspection attentive des poids de toutes les locomotives actuellement en service, montre que des locomotives électriques bien équipées et d'un poids total de 56 tonnes peuvent fournir le service des locomotives à vapeur existantes ; on corrigeait alors les courbes des puissances de la valeur nécessaire pour trainer une locomotive de 56 tonnes. On trouva que la puissance journalière moyenne devait être de 1800 kilowatts soit 15768000 kilowatts-heure par ans, ce qui revient sur cette ligne à environ 39 watts-heure par tonne-kilomètre. P-L. C

Nouveau système électro-pneumatique de chemin de fer, par **B.-J. Arnold**, d'après *Electrical Review*. N. Y., t. XLI, p. 106-107, 26 juillet 1902.

L'auteur a construit et expérimenté une ligne de 30 km avec un système de son invention basé sur l'emploi des courants alternatifs pour la traction. Le principe de l'invention consiste à équiper une voiture avec un moteur mono ou polyphasé établi pour la puissance moyenne que doit développer la voiture. Le moteur marche à vitesse et à charge constantes, et par suite au régime de rendement maximum. Les fluctuations de la vitesse sont annulées au moyen d'un mécanisme à air comprimé qui emmagasine le surplus d'énergie dans les rampes et les arrêts, et le restitue aux démarrages et aux montées. De la sorte, la voiture peut circuler, à l'air comprimé, dans les passages où le conducteur aérien est interdit comme à l'intérieur des villes ou dans les garages. Ce système permet l'usage du courant monophasé à haute tension où l'on utilise qu'un des rails pour le retour l'autre pouvant servir pour les signaux, L'auteur propose la tension de 15000 volts avec transformateur sur chaque voiture la réduisant à 200 volts aux bornes du moteur ; pour le passage des villes un transformateur fixe est établi à chaque extrémité, le conducteur aérien alimentant directement le moteur. Ce système, faisant marcher les stations à pleine charge, conduit à un coefficient d'utilisation voisin de l'unité, il supprime les sous-stations à commutatrices actuelles, et évite les pertes d'énergie dues aux freins. Il comporte, en outre, une grande réduction dans les frais de premier établissement des chemins de fer électriques, et livre à l'industrie électrique ce champ d'action nouveau.

P-L. Charpentier.

INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS

Diagrammes d'enroulements, par **D. Robertson**. *Journal of Instit. of El. Eng.*, t. XXXI, p. 949-970, avril 1902.

L'auteur rappelle les divers modes de représentation graphique des enroulements, qui sont : le diagramme circulaire (vue de bout de l'enroulement), le diagramme développé, et le diagramme radial. Il propose un quatrième mode

qu'il appelle « diagramme du courant » qui a pour objet d'étudier la distribution du courant autour de l'armature pendant les différentes phases de la commutation.

On commence par dresser une table de l'enroulement, ce qui se fait indépendamment de tout diagramme, avec la connaissance des pas avant et arrière, et de la position choisie pour les balais. On détermine ensuite les segments en contact avec les balais et on établit une table de « circuit » où l'on place les segments en contact avec les balais dans les colonnes extrêmes, et l'on inscrit en suivant les conducteurs dont le courant aboutit aux balais, en mettant dans des colonnes séparées les faisceaux appartenant à des sections en court-circuit. Pour construire ensuite le « diagramme de courant », on trace deux axes rectangulaires, Ox, Oy ; sur Oy, on prend une longueur OO′ représentant la longueur de périphérie sur laquelle on veut étudier le courant, et on trace $O'x'$ parallèle à Ox. Il suffit la plupart du temps, de prendre pour OO′ une longueur correspondant au nombre de segments du collecteur pouvant toucher à la fois un balai, sauf dans les enroulements ondulés multipolaires où l'on emploie plus de deux balais,

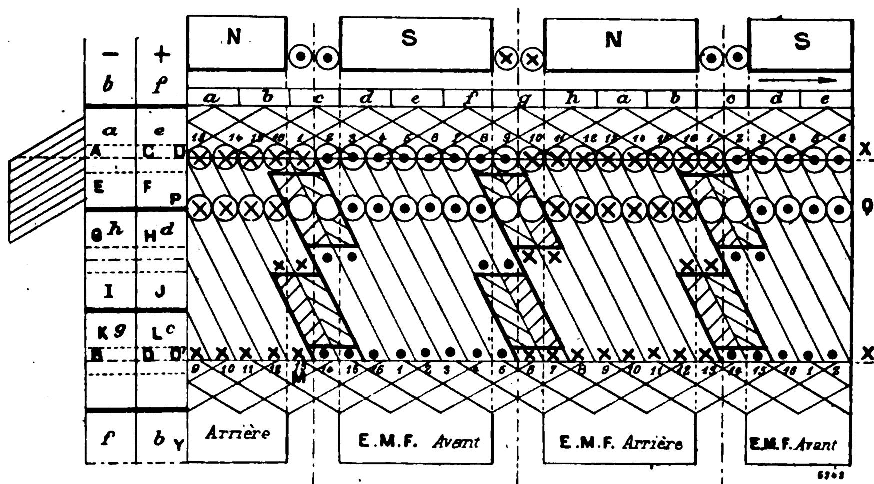


Fig. 1.

auquel cas le court-circuit d'une section peut se faire entre deux balais à travers les connecteurs. Sur la gauche de Oy on trace autant de verticales qu'il y a de balais, et les espaces compris entre ces parallèles à Oy représentent les portions du collecteur voisines des balais. Ox est considéré comme la ligne médiane des balais, ainsi que des segments en contact avec eux, on trace à partir de cette ligne des parallèles à Ox à des distances correspondant à la largeur, en indiquant aussi l'épaisseur de l'isolation, et on suppose que les balais se meuvent dans le sens OO′, le collecteur restant fixe. On donne ensuite aux lames du collecteur les mêmes notations que dans la « table de circuit » dressée au préalable. On indique aussi par des lignes pointillées les positions de l'axe des balais correspondant au moment où ils quittent une lame ou viennent en contact avec la suivante.

Le long de OX on trace une série de points équidistants, les intervalles, représentant la largeur des faisceaux de conducteurs suivant la périphérie ; on numérote les faisceaux, en reproduisant un peu plus d'un tour complet de l'induit. L'axe des balais se déplaçant de OX à OX′ (voir fig. 1), le faisceau n° 1 se déplace vers la droite d'une quantité correspondante OM ; par les points de divisions de OX, traçons des parallèles à OM, les intervalles entre ces lignes représentent les positions successives des axes des faisceaux. Dans la figure 1 les conducteurs se déplacent de quatre largeurs de faisceaux, pendant que deux segments passent sous les balais, le faisceau 1 vient à la place de 5, l'axe des balais vient de AC en EF la table d'enroulements montrera que *ha* mettent en court-circuit 8 — 1, et *de* y mettra 16 — 9. On prolongera la ligne EF, sur les faisceaux mis en court-circuit, et la ligne GH, prolongée indiquera la cessation du court-circuit. Des hachures inclinées différem-

ment indiquent sur la figure la durée et la position du court-circuit, sur les balais + et — respectivement.

Le sens du courant dans les autres faisceaux se déduit de la table de « circuit » et de cette remarque que le courant change de sens à chaque court-circuit.

En prolongeant les lignes extrêmes des pôles, on divisera le diagramme en régions de force électro motrice *avant* et *arrière* ; on pourra aussi tracer en dessous du diagramme la courbe des flux et en déduire le décalage nécessaire pour obtenir la commutation. La figure indique au moyen de points et de croix le sens du courant dans les faisceaux ; un cercle blanc désigne un faisceau en court-circuit.

On peut également figurer sur ce diagramme les connections terminales.

Quand il y a plusieurs couches, on place les faisceaux l'un à côté de l'autre dans le diagramme, en plaçant les faisceaux situés sur le même rayon entre des lignes plus fortes.

L'auteur donne une série d'applications de ce mode de représentation aux divers types d'enroulements. P.-L. C.

Limitation de la méthode graphique en électricité, par **A. Russell**, d'après *Journal of the Inst. of El. Eng.*, t. XXXI, juin 1902.

Quand les différences de potentiel et les courants sont représentés par des harmoniques, leurs valeurs efficaces et leurs différences de phases peuvent être représentées par des vecteurs et des angles situés dans le même plan ; dans le cas contraire cette représentation n'est plus possible en général.

La différence de phase (a_{12}) entre deux grandeurs périodiques e_1, e_2 de même fréquence est définie par

$$\cos a_{1.2} = \frac{\int_0^T e_1 e_2 \, dt}{\left\{ \int_0^T e_1^2 \, dt . \int_0^T e_2^2 \, dt \right\}^{\frac{1}{2}}} \qquad (1)$$

Par hypothèse l'angle a_{12} est pris entre 0 et 180° (T est la période d'un cycle complet, t le temps compté depuis l'origine).

La règle du parallélogramme donnera la somme vectorielle des grandeurs e_1 e_2, mais s'il y a trois grandeurs périodiques de même fréquence, il est nécessaire de prouver qu'elles peuvent être représentées par des vecteurs dans l'espace.

Soient x, y, z trois grandeurs périodiques. α, β, γ les angles de phase entre y et z, z et x, respectivement ; pour que les vecteurs puissent former un trièdre, il faut que $\alpha + \beta + \gamma$ soit moindre que $4\,dr.$ et que chacun des angles soit inférieur à la somme des deux autres. Divisons la période T en un grand nombre n d'intervalles et soient x_1 $x_2 \ldots x_n$, y_1 $y_2 \ldots y_n$, z_1 $z_2 \ldots z_n$ les valeurs de x, y, z à la fin de chaque intervalle. On a d'après (1)

$$\cos^2 \alpha = \lim. \frac{(y_1 z_1 + y_2 z_2 + \ldots + y_n z_n)^2}{(y_1^2 + y_2^2 + \ldots y_n^2)(z_1^2 + z_2^2 + \ldots z_n^2)}$$

L'auteur démontre que l'expression

$$1 - \cos^2 \alpha - \cos^2 \beta - \cos^2 \gamma + 2 \cos \alpha . \cos \beta . \cos \gamma .$$

est toujours nulle ou positive, ce qui est la condition nécessaire et suffisante pour que α, β, γ puissent former un angle solide. Puis, l'auteur montre que le vecteur représentant la somme géométrique des valeurs efficaces de trois fonctions périodiques sinusoïdales n'est autre que la diagonale du parallélépipède droit construit sur les valeurs efficaces des trois fonctions.

Il n'est pas possible, en général, de représenter quatre grandeurs périodiques de même fréquence par des vecteurs dans l'espace. L'équation (1) montre, en effet, que si l'une des grandeurs est constante l'angle a_1 a_2 est droit ; donc si trois d'entre elles forment un trièdre, la quatrième ne saurait évidemment leur être perpendiculaire à toutes.

On a trop souvent l'habitude, en électro-technique, d'admettre qu'un nombre de vecteurs quelconque peut être représenté par une figure plane, et, quand les forces électromotrices et les courants ne sont pas sinusoïdaux on arrive à des résultats très différents de la réalité [1].

[1] Ainsi l'on dit souvent que le lieu de l'extrémité du vecteur représentant le courant primaire dans un transformateur à entrefer est un demi-cercle, en négligeant la résistance primaire. On dit aussi que les lectures d'un wattmètre étalonné avec du courant continu seront encore exactes avec du courant alternatif, si le décalage du courant dans l'enroulement à fil fin est le même que dans le

Section local de Capetown

Séance du 2 décembre 1901

Notes sur la construction électrique en Europe et en Amérique, par **J. Denham**, d'après *Journ. of Instit. of El. Eng.*, t. XXXI, p. 824-832.

L'auteur décrit brièvement les principales stations centrales anglaises et allemandes, il admire surtout les groupes puissants (3000 kw) de la station de Moabit (Berlin) et la facilité de la mise en parallèle grâce aux amortisseurs logés dans les pièces polaires.

Il passe ensuite en revue, les systèmes de traction de Berlin, Hanovre, Naples, Londres, Glascow et Portsmouth ; il s'attache principalement à la description des grandes stations américaines et constate qu'en Amérique, comme en Allemagne, la tension courante des génératrices est de 6600 volts, pour les puissances allant jusqu'à 3000 kw, avec enroulements à barres. En Allemagne cependant les armatures sont plutôt étroites et à grands diamètres ; c'est l'inverse, en Amérique. L'auteur donne une série de détails intéressants sur l'installation des chutes du Niagara et de Buffalo, mais qui ont déjà été publiés dans ce journal. Rappelons cependant que sur les trois lignes triphasées reliées à Buffalo, l'une d'elles est en aluminium et que l'économie sur le cuivre est d'environ 12,5 p. 100. L'auteur a visité ces stations au moment de l'exposition pan-américaine où près de 300 000 lampes étaient installées ; il fait remarquer que la fréquence était seulement de 25 périodes sans fluctuation appréciable dans l'éclat des lampes. Devant la puissance de cette distribution du Niagara on peut être inquiet des conséquences d'un arrêt ; l'auteur a été en effet, témoin d'un arrêt complet ; d'une durée de deux heures, de la lumière et des tramways, qu'il attribue à un accident sur la ligne aérienne. La puissance actuelle (50 000 chevaux) du Niagara doit être bientôt doublée ; les constructions sont déjà très avancées. L'auteur termine par la description d'une automobile électrique pouvant faire 110 km sans recharge ; la voiture est munie de 2 moteurs de 2,5 chx, actionnant chacun une roue d'arrière, en supprimant le train différentiel ; les changements de vitesse s'obtiennent par la réduction de la batterie et par le couplage en série ou en parallèle des moteurs. L'auteur a été enfin frappé du peu de personnel employé dans les grandes stations américaines, ainsi que de la jeunesse des ingénieurs de service. A Niagara, le service intérieur et extérieur est fait par des hommes de moins de quarante ans.

P.-L. C.

gros fil. Enfin, on admet que le facteur de puissance d'un moteur synchrone est égale à l'unité si l'excitation est réglée de telle façon que le courant soit minimum.

Section locale de Dublin

Séance du 19 décembre 1901.

Adresse inaugurale du président W.-F. Barett. D'après *Journal of Instit. of El. Eng.*, t. XXXI, avril 1902, p. 924-932.

« Une société ou une nation qui n'encourage ni n'honore les recherches scientifiques est sûre de rester en arrière et d'être écrasée par les nations plus sages et plus prévoyantes ». Tel est le thème que développe l'orateur, en constatant que ce que l'on a fait en Angleterre pour l'avancement des sciences et pour le développement de l'instruction supérieure scientifique et technique, est absolument insignifiant en comparaison des efforts de l'Allemagne et des Etats-Unis.

Les progrès industriels et commerçants de l'Allemagne, de la Suisse et de l'Amérique n'ont rien de surprenant quand on considère les sacrifices faits par leurs gouvernements pour fonder, équiper et entretenir une foule d'établissements magnifiques d'instruction scientifique. L'orateur rappelle le discours récent d'un ministre anglais, où il est dit que la supériorité économique des Etats-Unis et de l'Allemagne ne tenait pas à l'éducation technique des classes ouvrières, mais à l'instruction technique et scientifique des grands chefs du commerce et de l'industrie. Il est bon de signaler en France ces constatations faites par des hommes d'Etat et des savants anglais, au moment où ils voient la suprématie économique échapper à leur pays ; et de revenir un peu de l'opinion que les grands peuples industriels doivent tout à leur sens pratique ; une industrie qui se prive, de parti pris, de la collaboration scientifique renonce à des armes que rien ne saurait remplacer.

Les doléances de l'orateur s'appliquent par-

ticulièrement à l'Irlande, où plus qu'ailleurs, les pouvoirs publics abandonnent le développement de l'instruction technique à l'initiative privée. L'Irlande est assez pourvue d'énergie hydraulique pour que des usines électro-métallurgiques puissent y prospérer. Mais dans ce pays agricole il y a bien des applications de l'électricité à réaliser. L'orateur ne parle qu'en passant des machines agricoles, mues électriquement. Il signale les résultats obtenus en Amérique, par l'installation, dans les grandes exploitations, d'appareils pour mesurer régulièrement la résistance du sol, afin d'en déduire le degré d'humidité, ou la teneur en sels. Ces mesures de résistance ont été appliquées aussi à la recherches des nappes d'eau souterraines, et l'orateur suggère l'idée de les appliquer à la découverte des couches de minerais. Il rappelle enfin les travaux de Cook, Perry, Schliep, Paulin, Barrat, Spechner, Lemstrom et Berthelot sur l'activité imprimée à la végétation par l'électrification de l'air ou du sol ambiants.

P.-L. C.

Séance du 29 mai 1902.

L'éclairage et la force motrice électriques dans l'industrie textile, par **Marshall Osborne**. *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, t. XXXI, p. 1273-1282.

L'auteur commence par déclarer que les applications de l'électricité aux industries textiles ont pris peu de développement en Angleterre. Il se propose de montrer par quelques exemples et quelques chiffres ce qui a été fait dans cette voie en d'autres pays.

Eclairage. — Jusqu'à l'apparition de la lampe à arc enfermé, l'éclairage à l'arc voltaïque ne donna pas de bons résultats pour beaucoup des opérations minutieuses du tissage et de la filature, et l'on employa des lampes à incandescence. Mais la lampe à arc enfermé a donné toute satisfaction partout où on l'a essayée. Son usage est général dans les manufactures textiles des Etats-Unis ; ainsi, à la filature de coton de Lynchburg, dont le bâtiment a 133 m de long sur 42 de large, l'étage inférieur est parfaitement éclairé par 45 lampes à arc enfermé de 5 ampères, à courant continu avec double réflecteur. Malgré la présence d'une double rangée de colonnes supportant l'étage supérieur et d'arbres moteurs placés au-dessus des métiers, qu'ils actionnent par courroie, chaque lampe donne un excellent éclairage sur une surface de 120 m². La manufacture Olympia emploie 375 lampes à arc enfermé de 6 ampères, à courant alternatif et tension constante ; celle de Buffalo, 260 du même type. La filature Manchester possède 260 lampes, toujours à arc enfermé, de 6,6 ampères, à courant alternatif et intensité constante. On pourrait citer bien d'autres exemples.

Il n'aurait pas été possible, dans ces manufactures, d'obtenir de bons résultats avec les arcs à l'air libre, et, d'autre part, les lampes à arc enfermé ont sur celles à incandescence l'avantage de nécessiter moins de frais de premier établissement et d'exploitation, leur rendement étant bien supérieur. Toutefois, beaucoup de travaux de filature et de tissage exigent que la source de lumière soit exactement au-dessus de l'ouvrage à exécuter : on emploie alors les lampes à incandescence.

Force motrice. — L'application de la force motrice électrique à la machinerie textile, qui s'est jusqu'ici peu développée en Angleterre, a pour principal avantage qu'elle permet de concentrer en une seule usine génératrice la totalité de la force nécessaire à l'exploitation d'une vaste manufacture ou de plusieurs manufactures. On obtient par ce système une grande économie de frais d'exploitation, d'entretien et de personnel ; on peut aussi réduire au minimum le prix de revient de l'énergie par l'emploi de machines à vapeur et de génératrices électriques de grande puissance et de haut rendement. Même dans le cas où l'on n'a qu'une manufacture à alimenter, la commande électrique, permettant de supprimer une grande partie des transmissions qu'exige le système mécanique, a encore des avantages marqués : on obtient avec elle un rendement de 75 à 80 p. 100 entre l'arbre de la machine motrice et les métiers. La pratique habituelle est de partager, aux divers étages, les arbres en petites sections, à chacune desquelles on applique un moteur ; cette indépendance des commandes est un autre avantage. Dans le système mécanique, la puissance se transmet au point d'application par des arbres auxiliaires, il y en a parfois jusqu'à six ; de là résulte une forte dissipation d'énergie et un glissement exagéré.

Les exemples suivants montreront les résultats pratiques obtenus.

Il y a cinq ou six ans, MM. Smith-Whaley et Cie construisirent à Columbia deux filatures de coton de 12000 broches chacune, l'une actionnée par moteurs à vapeur, l'autre par moteurs électriques. On a constaté que dans cette dernière le coût des réparations était de 50 p. 100 inférieur à la dépense correspondante de l'autre installation. De plus, la vitesse moyenne était beaucoup plus grande dans la manufacture électrique, la production y était de 4 p. 100 plus forte que dans l'autre, la qualité du produit étant aussi bien meilleure.

Quand la même Compagnie décida de construire la grande filature Olympia, d'environ 100 000 broches, elle fit faire deux projets, dont l'un appliquait la transmission électrique, l'autre la transmission mécanique. La comparaison montra que les devis de l'usine exploitée électriquement étaient les moins chers, car ils indiquaient :

a) Une réduction de 10 p. 100 dans le prix du bâtiment ;

b) Une réduction de 61 p. 100 dans le prix des arbres ;

c) Une réduction de 66 p. 100 dans le prix des courroies et des câbles.

Ces économies compensaient et au delà les frais d'établissement du matériel électrique, aussi cette solution fut-elle choisie. La note (1) donne quelques détails sur cette installation.

L'auteur cite d'autres exemples. La manufacture Pelzer reçoit 3000 chevaux d'une usine électrique distante de 5 km. A la filature de coton Anderson, les moteurs et les générateurs sont éloignés de 16 km. Il faut remarquer dans cette installation qu'il n'existe aucune courroie ni arbre auxiliaire entre les turbines hydrauliques et les métiers à filer. La manufacture de Sainte-Anne, à Montréal, reçoit l'énergie d'une usine située à Chambly, à 27 km de distance. Pour cette dernière on a discuté la question du genre des moteurs. La Compagnie de distribution préconisait les moteurs synchrones, mais la difficulté de les faire démarrer en charge empêcha de les employer et l'on donne la préférence aux moteurs asynchrones triphasés. L'atelier de tissage absorbe 300 chevaux, celui de cardage 200, celui de filature 300 et celui des mule-jennys 150. Les moteurs et l'escalier sont renfermés dans une tour et chaque moteur commande un arbre par courroie.

Passant à l'industrie européenne, l'auteur signale la filature de La Louisiane, à Ghent (Belgique). Il en donne une courte description que nous reproduisons en note (1).

La manufacture de tissage de MM. Gavazzi, à Milan comprend 336 métiers actionnés par moteurs triphasés de 1/4 de cheval; elle est éclairée par des lampes à incandescence et des lampes à arc.

La manufacture Prescheroff, à Moscou, reçoit 2000 kilowatts d'une usine génératrice éloignée de 300 m environ. L'énergie est transmise par courants triphasés à 350 volts. L'usine comprend 265 moteurs, dont la puissance varie de 1/2 cheval à 200 chevaux. Le facteur de puissance est 0,8.

La manufacture Voslauer Kammgarn, à Voslau,

(1) L'usine génératrice, dont la puissance maxima est de 4800 chevaux, comprend trois unités de 1600 chevaux chacune, marchant à 123 tours:minute. Les génératrices sont des alternateurs triphasés à 36 pôles, produisant 1300 kilowatts à 600 volts et couplés directement aux machines à vapeur. Le courant d'excitation est fourni par une dynamo indépendante de 75 kilowatts. L'énergie est transmise à 22 moteurs asynchrones de 150 chevaux chacun, marchant à 550 volts et 558 tours:minutes à pleine charge. Ils sont suspendus au plafond et en général montés directement sur un arbre de 3,60 m de longueur. Pour les machines qui exigent une très faible vitesse, par exemple les machines à carder, on emploie des arbres auxiliaires. Quelques autres moteurs de moindre puissance actionnent des pompes, des crics, etc. La puissance maxima utilisée par la manufacture sera de 3600 chevaux; le surplus sera appliqué dans d'autres entreprises.

(1) Par suite des agrandissements successifs qui l'avaient transformée, l'usine se composait de quatre bâtiments dont chacun, pourvu d'une ou de plusieurs machines à vapeur, formait une unité complète. Les machines étaient anciennes et de faibles dimensions; leur nombre rendait l'installation compliquée, difficile à entretenir et à surveiller. De nouveaux développements étant devenus nécessaires, on ajouta un cinquième bâtiment et l'on construisit au centre de la manufacture une usine génératrice électrique. Celle-ci renferme une machine à vapeur de 1500 chevaux, actionnant un alternateur triphasé à 400 volts et 40 périodes. Dès que ce groupe électrogène fut en marche, on arrêta trois machines à vapeur dans trois des bâtiments et les métiers furent actionnés par moteurs électriques. Tous les moteurs sont asynchrones; les uns sont installés sur fondations, les autres suspendus au toit. Une batterie d'accumulateurs fournit l'éclairage après l'arrêt de la machine; on emploie pour la charger deux dynamos à courant continu conduites par courroie.

en Autriche, emploie pour l'éclairage le courant continu à 110 volts et pour la force motrice le courant triphasé à 350 volts.

En mai 1900, devant la « Southern Cotton Spinners Association » (Association des filateurs de coton du Sud), M.-J. Paine, de Boston, fit remarquer qu'un an seulement auparavant on n'employait encore que 13 000 chevaux de force motrice électrique dans les manufactures textiles des Etats-Unis, tandis qu'à cette date les moteurs en service ou commandés à l'industrie atteignaient le chiffre de 30 000 chevaux. Aujourd'hui, une seule Compagnie de construction a installé 40 000 chevaux de force motrice électrique dans les manufactures textiles des Etats-Unis.

Sur le continent européen, c'est en Russie et en Italie qu'on trouve les plus grandes et les plus nombreuses usines textiles exploitées à l'électricité. En Italie, leur puissance varie de 120 à 2 000 chevaux; la puissance totale est 9000 chevaux. Certaines d'entre elles sont actionnées par quelques grands moteurs, d'autres par un grand nombre de petits. Il en est de même en Russie, avec 8 000 chevaux de puissance totale.

En France, la puissance des manufactures varie de 100 à 250 chevaux; en Allemagne, de 250 à 400; en Autriche, elle est de 500 chevaux.

On conclura de ce qui précède que les applications de l'électricité aux industries textiles ont acquis leur plus grand développement en Amérique. On en trouve quelques exemples dans presque tous les pays d'Europe; seule, l'Angleterre ne montre pas encore de tendance bien marquée à suivre cette voie.

P. Labrouste.

SECTION LOCALE DE GLASCOW

Séance du 14 janvier 1902.

Notes sur les canalisations à courant continu, par **J. Ward**, d'après *Journal of the Inst. of El. Eng.*, t. XXXI, p. 833-878, avril 1902.

L'auteur se propose, dans cette communication, d'établir une comparaison entre les divers systèmes de canalisations usitées aujourd'hui. Il examine d'abord quelques-unes des conditions dont dépend la bonne tenue d'un réseau.

L'osmose tend, comme on sait, à accumuler l'humidité sur le conducteur négatif; de sorte que si l'autre pôle est mal isolé ou à la terre, comme le neutre d'un trois fils, une dérivation se produit entre les parties dénudées du pôle négatif et les enveloppes métalliques des câbles, qui sont électrolysées. L'auteur considère comme insuffisant l'enroulement d'un ruban isolant ou l'application d'un vernis sur les extrémités dénudées des câbles; la pratique a montré la nécessité d'adopter pour toutes les extrémités dénudées un manchon serré sur l'armature et rempli de matière isolante, le conducteur nu traversant une douille en ébonite ou en porcelaine, à rainures latérales profondes. Une autre précaution que l'auteur juge indispensable est de relier métalliquement toutes les enveloppes, armatures, manchons en fonte, boîtes de distribution, enveloppe de plomb, etc., pour éviter l'électrolyse en cas de contact d'un conducteur avec le plomb (1).

Dans un trois-fils avec neutre à la terre, cet inconvénient se présente moins, parce que ces lignes se font en câbles triconcentriques où l'extérieur est à la terre. Il serait bon néanmoins que le neutre soit mis à la terre en tous points de la ligne, et non pas seulement à la station; malheureusement, les plaques de terre ne sont pas toujours très efficaces; mais leur combinaison avec une bonne jonction des enveloppes métalliques des câbles s'impose si l'on veut éviter les effets funestes de tous les courants qui, pour une raison ou une autre, peuvent parcourir ces enveloppes et qui tendent à créer des dérivations sur les conduites d'eau et de gaz, avec l'électrolyse qui en est la conséquence.

Sur la question du sectionnement des réseaux par des boîtes de distribution à coupe-circuits, l'auteur en reconnaît la nécessité avec des tensions de 400 à 500 volts usitées aujourd'hui. Ce n'est là malheureusement qu'un pis-aller; quand un court-circuit se produit, il arrive trop fréquemment que des sections sont inutilement

(1) L'usage des bandes de plomb ou de fils de cuivre de forte section lui paraissent insuffisants, parce qu'on les trouve souvent fondus et qu'on peut ne s'en apercevoir qu'après de sérieux dommages. Une meilleure solution est de se servir de manchons où les entrés de câble sont munies d'une virole en laiton vissée, sur laquelle on soude la gaîne de plomb du câble; c'est là un travail assez délicat, et il vaut encore mieux prendre des manchons où les entrées sont pourvues d'une gorge où vient se loger une douille en plomb que l'on serre sur l'enveloppe de plomb au moyen de deux vis de pression et d'une garniture de serrage.

mises hors de service et l'auteur recommande de ne pas relier directement plus de deux feeders aux distributeurs placés entre eux, la liaison entre ces feeders et les autres s'opérant par les points d'alimentation et non par des distributeurs reliant des points d'intersection du réseau situés entre les points d'alimentation. On évite ainsi l'inconvénient de recourir aux sections complètement indépendantes, au détriment d'un bon équilibre des tensions

L'auteur décrit ensuite le type des boîtes de coupure employé à Glascow et qui a dû être étudié spécialement par suite de la diversité des systèmes de canalisations posées. On y trouve, en effet, des conducteurs nus tirés dans des conduits en fonte et posés sur des isolateurs en poterie vitrifiée, des câbles simples armés, des câbles sous caoutchouc placés dans des tuyaux en fer, des câbles simples posés d'après le système dit « solide » [1], des câbles triconcentriques armés ou du système « solide » des câbles sous bitume vulcanisé et sous plomb, pour l'éclairage à arc [2].

Cette diversité des systèmes permet d'établir une comparaison entre leurs valeurs respectives. L'auteur préfère le système « solide » pour les câbles sous plomb au système à tirage dans des conduits où il n'est guère possible d'éviter l'humidité et par suite l'électrolyse du plomb. Même dans ce cas, l'auteur recommande de relier métalliquement les enveloppes de tous les câbles et de placer des plaques de terre de distance en

(1) Ce système consiste à placer les conducteurs sous plomb, isolés au papier, au caoutchouc ou au jute, dans des conduits en poterie ou en bois, que l'on remplit de bitume ou de poix de façon à entourer l'enveloppe des câbles d'une protection non hygroscopique.

(2) La figure 1 représente une coupe de cette boîte de distribution à quatre directions. Les entrées de câbles se trouvent sur deux côtés opposés de la boîte, les deux autres côtés se terminent inférieurement par deux pans inclinés, pour économiser la place et la matière. Des câbles sous caoutchouc relient les conducteurs des câbles concentriques aux coupe-circuits, en passant dans des sortes de presse-étoupes munis de rondelles de caoutchouc. Cette jonction s'opère dans les quatre excavations que présente le fond de la boîte et que l'on remplit de matière isolante ; les coquilles sont munies en même temps d'une mode de connexion métallique entre l'armature en plomb des câbles et la masse de la boîte. Le couvercle est évidé dans son milieu et rempli de ciment au niveau de la chaussée ; ses bords sont légèrement inclinés et s'adaptent simplement sur une rainure inclinée du bâti, de sorte que l'eau ne peut pénétrer dans la boîte. Le couvercle s'enlève donc très facilement, et, au cas où une explosion se produirait par la volatilisation des matières isolantes de la boîte, le couvercle, en se soulevant laisse échapper les gaz et enlève toute la force à l'explosion. Des oreilles venues de fonte portent des isolateurs à cloche sur lesquelles reposent deux barres de fonte. Sur chacune de ces barres sont placés deux isolateurs

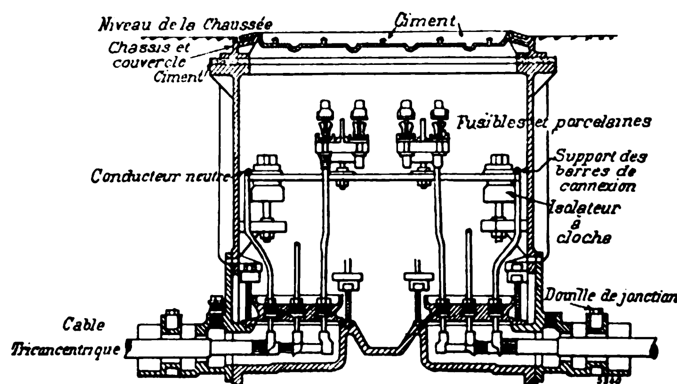


Fig. 1. — Coupe d'une boîte de distribution de Glascow.

portant chacun deux conducteurs de câble ; le conducteur neutre est un conducteur en cuivre formant un carré et posé sur les deux barres en fonte. Les câbles de jonction sous caoutchouc s'engagent dans une douille se terminant à la partie supérieure par des pinces où se placent les plombs fusibles (fig. 2). Cette douille porte extérieurement une goupille que vient saisir un levier à excentrique portant sur l'isolateur en porcelaine dans lequel s'engage la douille par une échancrure latérale ; en abaissant le levier, la douille vient serrer contre la porcelaine une rondelle en caoutchouc et assure le contact. Les deux leviers sont percés à leurs extrémités pour permettre d'y placer un bout de câble et de shunter le plomb fusible quand on veut le remplacer ou pour faire une coupure.

distance. Mais un câble à enveloppe complètement isolante lui paraît préférable (1).

Le meilleur système à tirage est celui qui utilise des conduits en fer parce que les conduits en poterie ou en briques donnent lieu à des dépôts de sels sur le pôle négatif; les conduits en fonte n'ont jamais donné d'ennuis à Glascow, sauf ceux qui résultent de l'affaissement des conducteurs qu'il est bon de fixer de distance en distance pour éviter des dilatations et des retraits sur de grandes longueurs.

L'auteur établit ensuite un parallèle entre les câbles concentriques et les câbles simples.

Le montage des câbles à un seul conducteur est plus simple ; en cas d'accident, un seul câble est affecté, et un défaut à la terre peut exister sans arrêt ou gêne pour le service (2).

Les défauts sont du reste plus faciles à reconnaître et à réparer sur les câbles simples.

Le montage du câble triconcentrique est plus délicat; son prix est moins élevé, les dangers d'électrolyse y sont moindres, quand l'extérieur est à la terre. Au point de vue de la bonne tenue d'un réseau, l'auteur estime qu'un système triconcentrique peut être maintenu en meilleur état, car toutes les fuites d'un conducteur à l'autre s'opèrent à l'intérieur du câble et ne donnent pas lieu à l'électrolyse des enveloppes. Enfin, le câble concentrique avec enveloppe isolante, placé suivant le système solide dans des conduits en fer ou en bois, semble à l'auteur répondre mieux que tout autre aux garanties sur lesquelles on doit pouvoir compter dans une grande exploitation.

Nous résumons rapidement les réponses faites par l'auteur aux quelques points soulevés dans la discussion de cette communication.

En ce qui concerne les douilles en ébonite, l'auteur est d'avis qu'il faut adopter la meilleure qualité d'ébonite ; ces douilles ont une épaisseur de 18 mm et présentent avec les rainures une longueur latérale de 13 cm environ ; il les a employées sans le moindre mécompte pour les tensions de 100 à 500 volts.

Le prix auquel le fabricant livre la boite de distribution décrite plus haut est de 400 francs ; un trou d'homme en briques avec revêtement de bitume pour éviter les gaz et l'humidité revient à 200 francs environ ; ce qui est à peu près le prix de la boite sans les connexions et le couvercle. Mais les rapports des surveillants ont montré que 25 p. 100 des regards en maçonnerie renfermaient des gaz et de l'humidité avec le système à tirage ; la proportion est de 4 p. 100 avec le système « solide » ; quant aux boites en fonte, elle est nulle.

L'auteur est tout à fait d'avis que le meilleur système de boites de coupure et de distribution est celui qui consisterait en piliers de fonte élevés sur les trottoirs, ou logés dans les murs des coins de rue, si de tels systèmes pouvaient s'acclimater.

Au sujet des avantages du câble triconcentrique, l'auteur fait remarquer qu'à Glascow on fait toutes les jonctions ou dérivations sans interrompre le courant ; ce qui n'est pas possible avec un câble à trois conducteurs câblés. P.-L. C.

Chaque coupe-circuit est double ; la bande fusible est supportée par une plaque de porcelaine munie d'une poignée. Toutes les opérations se font donc sans aucun outil et sans rien dévisser.

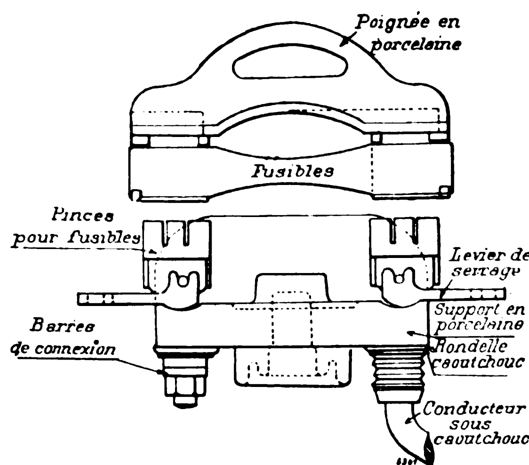


Fig. 2. — Détail des fusibles.

(1) Si le câble est seulement sous caoutchouc ou bitume vulcanisé le système « solide » est peut-être moins nécessaire ; cependant le système à tirage présente toujours l'inconvénient qu'un défaut peut amener une soudure entre le conducteur et le conduit métallique, ou au moins de développer dans ce dernier des rugosités qui détériorent sérieusement le câble au tirage.

(2) Toutefois avec un trois-fil, si le neutre, à la terre, venait à être coupé et si le système n'était pas parfaitement équilibré à ce moment-là, il y aurait des dommages sérieux sur les appareils du pont le moins chargé, en raison de l'élévation de tension.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XXXIII. Samedi 25 octobre 1902. 9e Année. — N° 43.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

LA MÉTHODE DE M. R.-V. PICOU

POUR LA PRÉDÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES

M. R.-V. Picou a présenté à la séance de juin de la Société internationale des Électriciens une intéressante étude sur la réaction d'induit et la chute de tension dans les machines dynamo-électriques en vue de faciliter la prédétermination des caractéristiques en charge.

La théorie de M. Picou, très simple en même temps que suffisamment exacte, jette un jour tout nouveau sur le phénomène de la réaction d'induit et méritait mieux que le simple compte rendu que nous aurions pu en faire après la séance.

Notre intention est de donner ici une analyse de l'important travail de cet ingénieur en l'émaillant de quelques remarques que nous a suggérées sa lecture ou que nous avons faites au cours d'une étude analogue.

Réaction directe. — Comme dans la théorie devenue classique de M. Blondel, M. Picou sépare l'étude de la réaction directe de la réaction transversale. Nous nous occuperons tout d'abord de la réaction directe.

Si l'on applique les lois de Kirchhoff au circuit magnétique induit et inducteur ainsi qu'au circuit dérivé constituant le chemin de dispersion de l'inducteur, à la fois pour la marche à vide (fig. 1) et pour la marche en charge (fig. 2), en supposant dans ce second cas que l'induit comporte également une force magnéto-motrice égale, suivant les notations d'Hopkinson, à $4\lambda m I$, on arrive facilement à montrer que l'effet de la force magnétomotrice induite est :

1° De diminuer la force magnétomotrice de l'inducteur d'une quantité égale à $4\lambda m I \times \frac{R_2}{R_u + R_2}$;

2° D'affaiblir le flux utile et d'augmenter le flux de fuite;

Si l'on veut maintenir le même flux dans l'inducteur de façon à conserver à son circuit magnétique la même réluctance, en charge comme à vide, il faudrait ajouter une force magnétomotrice égale à $4\lambda m I \frac{R_2}{R_u + R_2}$, ce qui occasionnerait une augmentation proportionnelle de la dispersion et par suite une diminution égale du flux utile.

Cette augmentation du flux de dispersion étant égale à

$$4\lambda m I \frac{R_2}{R_u + R_2} \times \frac{1}{R_2} = \frac{4\lambda m I}{R_u + R_2},$$

la caractéristique en charge sera évidemment

$$\Phi'_u + \frac{4\lambda m I}{R_u + R_2} = f\left(4\pi n i - 4\lambda m I \frac{R_2}{R_u + R_2}\right),$$

et la caractéristique à vide (flux utile en fonction des ampèretours inducteurs)

$$\Phi_u = f(4\pi n i).$$

Cette équation est identique, aux notations près, à celle donnée par Hopkinson

$$\Phi_u + \frac{\nu - 1}{\nu} \frac{1}{R_2} 4\lambda m I = f\left(4\pi n i - \frac{4\lambda m I}{\nu}\right)$$

Il suffit, en effet, de remarquer que ν, qui est par définition égale à $\frac{\Phi_u + \Phi_2}{\Phi_u}$, l'est aussi à $\frac{R_u + R_2}{R_2}$.

La représentation graphique de cette fonction, donnée d'une façon compliquée par Hopkinson, se simplifie considérablement quand on sépare la caractéristique du flux en ses composantes partielles : induit (y compris l'entrefer), dispersion de l'inducteur et inducteur.

Laissons de côté l'inducteur, si nous figurons en OM (fig. 3) la caractéristique de l'induit, la tangente de l'angle MOi ne sera autre que $\frac{1}{R_u}$ ou mieux la perméance P_u du circuit magnétique induit.

Pour avoir, sur la même épure, les flux de dispersion d'inducteur, traçons au-dessous de OP (fig. 3) une droite, dont la tangente de l'inclinaison sera P_2 perméance de ce circuit de fuites. PC sera le flux perdu pour l'excitation OP. Le tracé est alors le suivant.

Par un point M, défini par l'excitation $OP = 4\pi n i$, menons MC.

En C, portons horizontalement $CB = 4\lambda m I$, et joignons BM ; cette ligne coupe l'axe en A.

Elevons l'ordonnée AA', et de A' menons A' M'' parallèle à OC. Le point M'' est le point cherché qui donne le flux utile, à la charge I et au décalage λ pour l'excitation OP.

En effet, AP est bien $4\lambda m I \frac{R_2}{R_u + R_2}$. Donc, MM' est la perte de flux due à la réaction directe, $M'M'' = AP \times \frac{1}{R_2}$ est égal à $\frac{4\lambda m I}{R +_u R_2}$. C'est la perte de flux utile due à l'augmentation du flux de dispersion d'inducteur.

L'ensemble des points M'', ainsi déterminés en supposant I et λ constants, permettra de déterminer la courbe des forces électromotrices en charge, en fonction de l'excitation.

Pour tenir compte de l'inducteur, nous devons porter, à gauche de l'axe vertical, par exemple, la caractéristique propre à l'inducteur (fig. 4) OD'. Le flux total à développer est CM'', dont PM'' est seul utile, et nécessite une excitation OP pour l'entrefer et l'induit. Pour

avoir l'excitation nécessaire à l'inducteur, il suffit de reporter CM″ en PD, puis menant DD′ et D′F, on obtient en FO la quantité cherchée.

On obtient ainsi sur l'épure : la force magnétomotrice totale FP, le flux total CM″ et le flux utile PM″ au régime considéré.

Ce que nous venons de dire se rapporte plus spécialement aux dynamos à courant continu, mais subsiste complètement pour les alternateurs en remplaçant la force magnétomotrice $4\lambda m I$, cause de la réaction directe par la force magnétomotrice *équivalente* aux courants alternatifs circulant dans l'induit et qui est $4\pi K N I \sqrt{2} \sin \psi$ où ψ est l'angle de déphasage du courant I par rapport au vecteur représentant la tension à vide et K un coefficient tenant compte de la répartition des conducteurs dans les rainures et du nombre de phases.

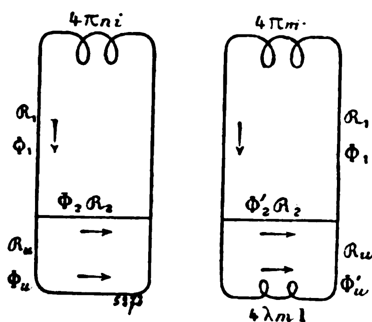
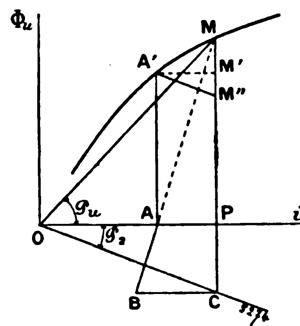



Fig. 1 et 2.

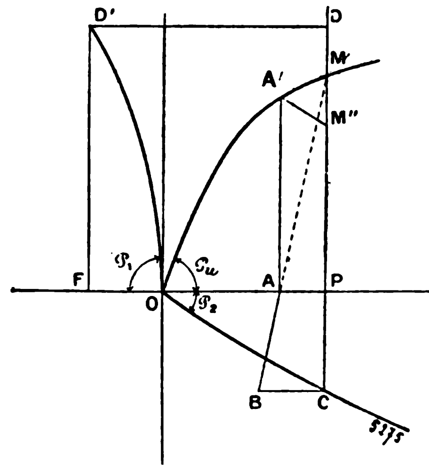


Fig. 3.

Fig. 4.

M. Picou montre ensuite que le parallélisme, signalé par M. Potier, des caractéristiques à vide et en charge pour une intensité donnée et un déphasage d'un quart d'onde n'existe théoriquement que si les valeurs de R_u et R_2 restent constantes.

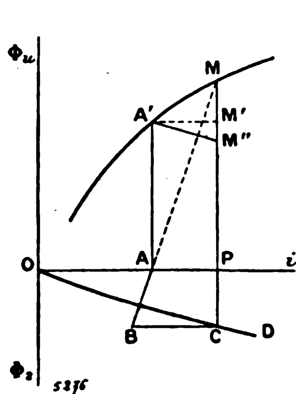


Fig. 5.

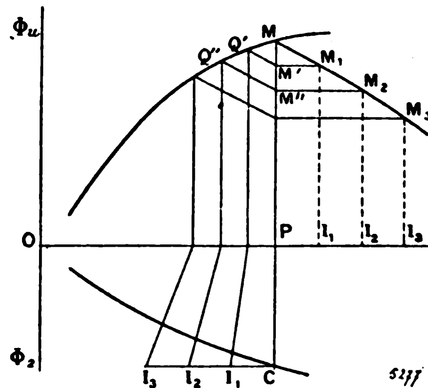


Fig. 6.

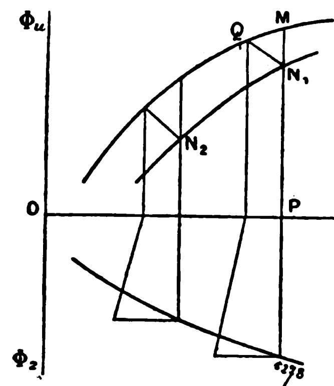


Fig. 7.

En réalité les courbures de caractéristiques du flux utile et du flux de fuite (droite OC) tiennent précisément aux variations des perméances P_u et P_2, c'est-à-dire des perméances des parties métalliques magnétiques de ces deux circuits.

En particulier, la caractéristique du flux de dispersion supposée droite dans la figure 3, s'incline (fig. 5) un peu plus que ne l'exigerait la proportionnalité des flux aux ampèretours.

La construction donnée plus haut n'en subsiste pas moins car la droite A'M'' reste naturellement parallèle à la corde OC.

M. Picou l'applique à la recherche des flux en charge (fig. 6) en fonction des débits PI_1, PI_2 pour une excitation indépendante mesurée par les ampèretours OP correspondant à l'induit seul et par les ampèretours propres de l'inducteur pour les flux MC, M'C, etc., ainsi qu'à celle de la caractéristique à courant constant complètement déwatté d'un alternateur (fig. 7).

Dans ce dernier cas, la caractéristique des différences de potentiel s'obtiendra en réduisant les ordonnées de la précédente d'une quantité égale à ωLI en tenant compte, s'il y a lieu, de la variation du coefficient L avec la saturation moyenne.

Réaction transversale. — L'effet des ampèretours induits en quadrature avec ceux du champ principal est non seulement, comme on le sait, de distordre le flux (fig. 8), mais encore, comme l'avait signalé déjà antérieurement M. Picou, de réduire le flux utile moyen

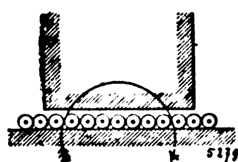


Fig. 8.

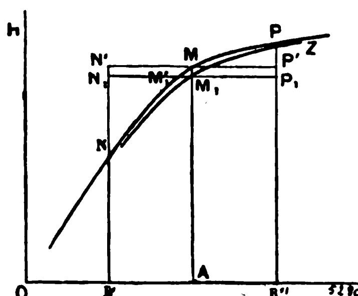


Fig. 9.

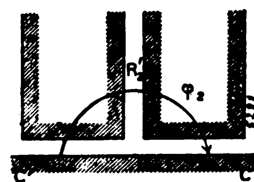


Fig. 10.

par suite de ce fait que les tubes de force qui passent du côté où le flux est renforcé exigent une augmentation d'excitation plus grande que la diminution d'excitation correspondant aux tubes de force traversant les parties où la saturation est diminuée.

M. Picou donne un procédé graphique très commode pour déterminer la diminution du flux moyen résultant de la distorsion. Malheureusement, ce procédé ne nous paraît qu'approché et applicable seulement dans quelques cas particuliers.

Avant de le discuter, nous allons l'établir brièvement avec son auteur qui se sert cette fois de la caractéristique à vide.

Pour un débit connu, soit OA (fig. 9) l'excitation ; cette excitation détermine le champ moyen sortant de la face polaire. Portons par moitié de part et d'autre au point A les ampèretours transversaux égaux à $4\left(\frac{\pi}{2}-\lambda\right)mI$ ou $4\pi K'NI\sqrt{2}\cos\psi$; le segment B'B'' peut être regardé comme la largeur de la pièce polaire de sorte que le rectangle B'N'P'B'' pourra représenter le flux à vide dont la valeur moyenne est AM.

En charge la force magnétomotrice le long de chaque tube de force est donnée par l'abscisse correspondant à ce tube et est par suite égale à OB' et OB'' aux cornes polaires et le champ en ces points a pour valeur les ordonnées B'N et B''P. Le flux est donc maintenant égal à la surface du trapèze mixtiligne B'NPB'' surface qui sera inférieure au rectangle primitif tant que la portion NP de la caractéristique ne sera pas droite.

Les triangles NN'M et MPP' peuvent représenter le flux transversal, mais comme ils sont inégaux en cet endroit on a abaissé la ligne N'P' jusqu'à ce qu'ils le deviennent. Si N_1P_1 est sa nouvelle position et si M'_1 est le point d'intersection de cette droite avec la courbe à vide,

la perte de flux par suite de la distorsion est MM_1. Pour la connaître, il n'y a qu'à chercher les surfaces des triangles NN'M et MPP' et à diviser leur différence par la base B'BB''.

La surface de l'un des triangles M'_1NN_1, M'_1PP_1 donnera la vraie valeur du flux transversal Φ_t.

Si l'inducteur présente une coupure de résistance R'_2 (fig. 10), cette coupure provoquera une chute de potentiel magnétique $R'_2\varphi_2$ en désignant par φ_2 le flux qui la traverse. La répartition du potentiel est alors N'S'SN (fig. 11); les valeurs aux milieux Q et Q' des demi-arcs polaires étant déterminés de la manière suivante :

On calcule le flux transversal F qui prendrait naissance sans coupure.

Si F_m est la force magnétomotrice totale sous le pôle et R'_1 la résistance magnétique de l'entrefer sous un demi-pôle, ce flux aurait pour valeur $\varphi_0 = \frac{F_m}{2R'_1}$ et serait représenté par le triangle OMP.

On calcule ensuite le flux passant à travers la coupure, flux qui est $\varphi_2 = \frac{F_m}{2R'_1 + R'_2}$ et qui est représenté par le parallélogramme OMNS.

On déduit de là que la chute SS' a pour valeur $F_m \frac{R'_2}{2R'_1 + R'_2}$ et que $QR = \frac{1}{4} F_m \frac{2R'_1}{2R'_1 + R'_2}$.

Le nombre d'ampèretours correspondant est facile à calculer et c'est lui qu'il y a lieu de porter de chaque côté du point A.

Revenons à la méthode elle-même. Elle repose sur ces deux hypothèses :

1° Que la force magnétomotrice de l'induit se répartit linéairement le long de l'entrefer;

2° Que la répartition du flux après distorsion reste la même en tous les point du circuit magnétique et en particulier dans les inducteurs.

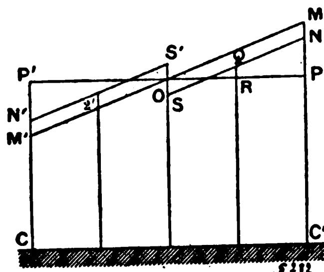


Fig. 11.

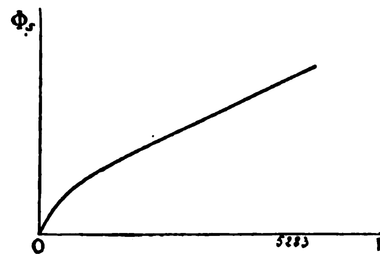


Fig. 12.

La première hypothèse est exacte pour les dynamos à courant continu. Pour les alternateurs, il n'est en plus de même et la loi idéale que l'on cherche à réaliser est la sinusoïde.

Si l'on remarque que la force magnétomotrice transversale, donnée par l'expression $4\pi K'NI \sqrt{2} \cos \psi$, est la valeur moyenne de quantité, il faut la multiplier par $\frac{\pi}{2}$ pour obtenir sa valeur maxima.

Connaissant cette valeur maxima, on pourra évidemment calculer la force magnétomotrice en chaque point de l'arc polaire et construire à l'aide de la caractéristique de l'induit (nous verrons plus loin pourquoi) une nouvelle courbe qui représentera le champ en chaque point de l'entrefer et qui sera traitée comme la caractéristique à vide employée par M. Picou.

La seconde hypothèse est évidemment un pis-aller, car il n'est pas douteux que l'induction tend à redevenir homogène dans chaque section droite des noyaux inducteurs au fur et à mesure qu'on s'enfonce dans ce noyau.

Il nous semble qu'on s'approche plus de la réalité, quoique péchant par défaut cette fois, en admettant que l'induction est redevenue homogène dès son entrée dans le noyau ou

autrement dit que la distorsion n'intéresse que la pièce polaire. Avec cette hypothèse, il suffira d'appliquer la méthode indiquée par M. Picou non plus à la caractéristique principale, mais à la caractéristique de l'induit en faisant entrer dans cette caractéristique l'induit, l'entrefer et la partie de la pièce polaire traversée par le flux utile.

Il est à remarquer que la distorsion ne donne lieu à un affaiblissement du flux utile que si les points de régime considérés se trouvent dans une partie courbe de la caractéristique. Le flux reste donc le même pour de faibles ou pour de très fortes inductions.

Que l'on fasse la correction indiquée par M. Picou ou celle que nous venons d'indiquer, on peut arriver à la prédétermination définitive des courbes de la différence de potentiel aux bornes.

Le problème ne présente aucune difficulté pour les dynamos à courant continu.

Pour les alternateurs, il y a lieu de faire intervenir la dispersion de l'induit et de se servir, si le circuit de fuite de l'induit n'a pas une réluctance constante, de la caractéristique propre du circuit de dispersion de l'induit (fig. 12).

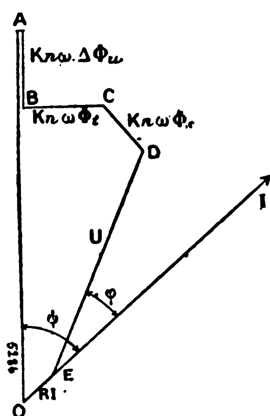


Fig. 13.

La détermination de la différence de potentiel U aux bornes pour un déphasage total ψ se fait alors à l'aide d'un diagramme de tension (fig. 13) analogue à celui donné autrefois par M. Blondel.

On part d'une excitation quelconque correspondant à l'induit et l'entrefer seul, excitation dont on retranche tout d'abord la valeur de la force magnéto-motrice directe, divisée par le coefficient ν, puis la perte apparente d'ampèretours due à la réduction du flux par suite de la distorsion, et enfin la perte de flux induit à l'aide de la construction graphique donnée plus haut. La connaissance du flux restant dans l'induit, du flux transversal et de la force électromotrice de dispersion permet alors de construire le diagramme complet des tensions.

M. Picou examine finalement les alternateurs à amortisseurs. En se servant du théorème de M. Leblanc, décomposition d'une force magnétomotrice alternative de direction fixe en deux autres constantes tournant en sens contraire et chacune avec la vitesse du synchronisme, il montre que, l'une des composantes étant plus ou moins complètement détruite par l'amortisseur, la force magnétomotrice moyenne de l'induit doit être représentée par l'expression

$$4\pi CNI\sqrt{2}\ \sin\psi\,(1-\alpha)$$

α étant une fraction variant entre 0,5 et 0.

Les ampèretours démagnétisants s'obtiendront comme plus haut en multipliant cette force magnétomotrice par le coefficient ν.

La construction donnée plus haut subsiste encore ici ; il suffit évidemment de remplacer le segment BC des figures 3 et 4 par un segment réduit dans le rapport $1-\alpha$.

Un point reste obscur cependant dans cette théorie des amortisseurs, c'est la valeur du coefficient K ; ce coefficient est-il le même que pour les alternateurs ordinaires comme paraît le laisser supposer le travail de M. Picou ? Nous ne le pensons pas.

L'action des amortisseurs vient en réalité compliquer le phénomène de la réaction d'induit et la valeur de la force magnétomotrice moyenne n'a malheureusement pas la forme simple qu'on lui suppose ici, forme qui conduit, pour la prédétermination de la caractéristique en court-circuit où la valeur de la force magnétomotrice moyenne est prépondérante, à des résultats tout à fait différents de ceux relevés en pratique.

Quoi qu'il en soit, l'étude de M. Picou a fait faire un pas en avant très important à la construction des machines dynamo-électriques et nous ne doutons pas qu'elle conduise à une méthode de calcul nouvelle et rationelle.

C.-F. Guilbert.

THÉORIE DES OSCILLOGRAPHES

Dans ce qui suit, nous considérerons d'abord pour plus de simplicité les anciens appareils à barreaux de fer suspendus dans un champ magnétique, afin d'exposer sous leur forme la plus simple les équations des oscillographes. Ensuite nous montrerons comment on peut y ramener celles plus compliquées des oscillographes modernes, et enfin nous discuterons la précision et les corrections des courbes.

Nous rappellerons incidemment la théorie de l'ingénieux rhéographe Abraham, dans laquelle la période d'oscillation propre est plus lente que celle du courant.

I. — Anciens oscillographes simples a barreau mobile (1)

L'équipage mobile d'un oscillographe simple est soumis comme pour tous les galvanomètres à quatre actions simultanées :

1° Un couple déviant GI, proportionnel à la constante galvanométrique G et au courant à mesurer I;

2° Une couple antagoniste $C\theta$, sensiblement proportionnel à l'écart angulaire θ;

3° L'inertie K de la partie mobile;

4° Un couple d'amortissement $A\frac{d\theta}{dt}$, en général proportionnel à la vitesse angulaire à chaque instant.

D'où l'équation différentielle bien connue :

$$K\frac{d^2\theta}{dt^2}+A\frac{d\theta}{dt}+C\theta=GI. \qquad (1)$$

Le desideratum est que le mouvement périodique de la partie mobile suive une loi aussi voisine que possible de celle du courant observé, de façon qu'à chaque instant θ diffère aussi peu que possible de la valeur $\frac{GI}{C}$ qu'il devrait avoir sans les effets parasites qui accompagnent le mouvement. Ce problème de *synchronisation intégrale* est une application des lois de la résonance, et constitue une généralisation de celui de la *synchronisation simple*, que mon regretté maître M. Cornu a traité il y a quelques années d'une façon si lumineuse (2).

Pour simplifier l'écriture, on désignera dans tout ce qui suivra par Θ la période d'oscillation propre de l'instrument lorsqu'il n'est pas amorti, par λ, le rapport $\frac{\Theta}{T}$ de cette période à celle du courant à étudier T, par $\alpha\left[\alpha=\frac{A}{2\sqrt{KC}}\right]$ le *degré d'amortissement* de l'appareil (d'après une définition très commode de M. Curie) (3), par Θ' la pseudo-période de l'instrument amorti dont la valeur est donnée ci-dessous.

(1) J'ai exposé sommairement cette théorie dans les *Comptes rendus* de l'Académie des Sciences en mai 1893.

(2) *Comptes rendus*, 31 mai 1887.

(3) *Lumière Électrique*, t. LIII, p. 201.

***

Cette équation différentielle du mouvement admet d'abord une intégrale particulière θ_1 correspondant au second membre GI, dont l'expression sera explicitée plus loin.

L'intégrale complète s'obtient en ajoutant à cette solution l'intégrale générale comprenant les termes exponentiels bien connus, savoir :

1° Dans le cas où $A^2 < 4KC$, c'est-à-dire avec un coefficient d'amortissement inférieur à l'unité, ($\alpha < 1$)

$$\theta = \theta_1 + e^{-\frac{A}{2K}t}\left[a_1 \sin \frac{\sqrt{4KC - A^2}}{2K} t + a_2 \cos \frac{\sqrt{4KC - A^2}}{2K} t\right],$$

qu'on peut écrire dans les notations précédentes

$$\theta_1 + e^{-2\pi\alpha\frac{t}{\theta}}\left[a_1 \sin \frac{2\pi t}{\theta'} + a_2 \cos \frac{2\pi t}{\theta'}\right],$$

ou encore

$$\theta_1 + e^{-2\pi\alpha\frac{t}{\theta}} a \sin 2\pi\left(\frac{t}{\theta'} - \varphi\right),$$

en appelant a_1 et a_2, ou a et φ deux constantes d'intégration, Θ la période propre de l'instrument non amorti, qui a pour valeur

$$\theta = 2\pi\sqrt{\frac{K}{C}},$$

et Θ' la pseudo période de l'instrument amorti qui a pour valeur

$$\theta' = 2\pi \frac{2K}{\sqrt{4KC - A^2}} = \frac{\theta}{\sqrt{1 - \alpha^2}}.$$

2° Dans le cas où $A^2 = 4KC$, c'est-à-dire l'amortissement critique ($\alpha = 1$), ces expressions se réduisent aux suivantes :

$$\theta = \theta_1 + a_2 e^{-\frac{A}{2K}t} = \theta_1 + a e^{-2\pi\frac{t}{\theta}}$$

3° Dans le cas où $A^2 > 4KC$, coefficient d'amortissement plus grand que l'unité ($\alpha > 1$)

$$\theta = \theta_1 + b_1 e^{-\frac{A + \sqrt{A^2 - 4KC}}{2K}t} + b_2 e^{-\frac{A - \sqrt{A^2 - 4KC}}{2K}t} = \theta_1 + b_1 e^{-2\pi t\left(\frac{\alpha}{\theta} - \frac{1}{\theta'}\right)} + b_2 e^{-2\pi t\left(\frac{\alpha}{\theta} + \frac{1}{\theta'}\right)}.$$

Les exponentielles tendent vers zéro quand t croît indéfiniment, puisque l'amortissement n'est pas nul : la condition de M. Cornu nécessaire et suffisante pour la synchronisation simple est $A > 0$, c'est-à-dire que pour qu'un système oscillant prenne du synchronisme, il suffit que ses oscillations propres soient amorties. Cette condition n'est plus suffisante pour la reproduction intégrale d'une courbe qui repose sur des exigences plus étroites :

1° Les phénomènes enregistrés présentent toujours des petits à coups inévitables ou des discontinuités. Dans les deux cas, si l'on intègre à partir du moment d'un de ces effets perturbateurs, on voit aisément que les conditions initiales n'annulent pas les termes de l'intégrale générale, comme cela a lieu en tout point où le phénomène est continu. Il en résulte, si le degré d'amortissement α est petit, que ces termes *réveillent* constamment les oscillations propres et que des *rides* festonnent presque sans interruption les courbes, comme le montre par exemple celle de la figure 1, relevée à l'aide d'un oscillographe de basse fréquence [1] amorti par l'air seul. Si l'on donne à α une

---

[1] D'après les *Comptes rendus*, 6 mars 1893, p. 502. Cet oscillographe était le premier que j'aie construit; il ne donnait que 1 000 périodes environ par seconde et se prêtait mieux à la mise en évidence de ces rides qu'un appareil à vibrations plus rapides.

valeur plus grande mais inférieure à l'unité, les rides s'éteignent rapidement; mais chaque discontinuité de la fonction étudiée fait réapparaître quelques oscillations, comme le montrait la figure 2 obtenue avec le même oscillographe. La figure 3 obtenue en 1898, avec un oscillographe à 5 000 périodes, montre une courbe simple intéressante du côté de l'amortissement aux points de



Fig. 1. — Courbe relevée à l'aide d'un ancien oscillographe (1893), à faible fréquence (1 000 périodes), très peu amorti. Intensité du courant dans un arc électrique alterné ordinaire.

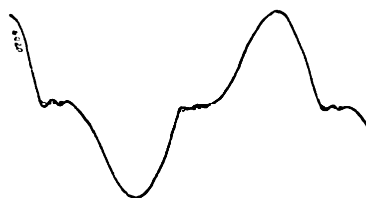


Fig. 2. — Courbe relevée à l'aide d'un ancien oscillographe (1893) à faible fréquence et amorti à un degré un peu inférieur à la valeur critique. Intensité du courant dans un arc alterné sifflant au collage. Le trait pointillé indique la courbe vraie, obtenue par correction.

(Réduction au quart de la vraie grandeur.)

discontinuité; le tracé du courant de l'interrupteur Wehnelt est à cet égard un excellent moyen de contrôle.

L'amortissement le plus sûr dans la plupart des applications pratiques est donc, au moins théoriquement, l'apériodicité critique ($\alpha = 1$); car c'est cette valeur qui rend le plus rapidement négligeables les termes exponentiels, y compris le terme en t. Mais cette condition n'est pas absolument rigoureuse et l'on peut sans inconvénient admettre dans beaucoup d'applications des amortissements α plus faibles (voisins de la valeur $\sqrt{\frac{1}{2}}$ dont on verra plus loin l'intérêt) toutes les fois que le nombre des oscillations propres dépasse 100 fois (ou au moins 50 fois) la fréquence des courants étudiés, comme cela doit être pour tout bon oscillographe; car les rides, analogues à celles de la figure 3, courbe I, deviennent si rapprochées qu'elles forment de courtes houppes triangulaires, faciles à reconnaître et qu'il suffit de remplacer par leur ligne médiane pour obtenir le tracé vrai cherché.

Dans ces conditions, il vaut mieux se tenir un peu au dessous de la valeur critique, car un petit défaut d'amortissement entraîne une moindre déformation qu'un excès d'amortissement.

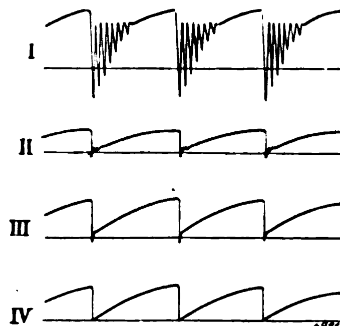


Fig. 3. — Courbes d'amortissement typiques relevées sur l'oscillographe à l'aide d'un interrupteur Wehnelt à 80 périodes.

I, excitation 2 ampères. — III, IV, V, excitation 5 ampères avec des amortissements croisants. Au-delà de l'amortissement critique auquel on s'est arrêté ici, la courbe ne revient plus à l'axe des x.

2° Supposons les rides des termes exponentiels éliminées; il faut encore que la solution particulière θ_1 qui subsiste diffère le moins possible de $\frac{GI}{C}$, c'est-à-dire que A et K soient le plus petit possible, et nous sommes ainsi ramenés à la recherche du minimum de résonance. Supposons GI périodique et développable par la série de Fourier [1], par exemple

$$GI = B_0 + B_1 \sin\left(2\pi \frac{t}{T} - \beta\right) + \ldots\ldots + B_n \sin\left(2\pi \frac{nt}{T} - \beta_n\right) + \ldots\ldots \text{ etc.} \qquad (2)$$

(1) Il est à remarquer qu'un phénomène discontinu, tel que celui de la figure 2 (tracé pointillé), peut bien, s'il est répété périodiquement, être représenté analytiquement par une série de Fourier, constituant la solution particulière correspondante θ_1 mais que cette série ne fournit aucune indication sur la réapparition périodique des rides dues aux

L'intégrale particulière peut s'écrire sous la forme d'une série correspondante

$$\theta_1 = \frac{1}{C}[B_0 + \Phi_1 + \Phi_2 + \ldots\ldots \Phi_n + \ldots\ldots \text{etc.}] \qquad (3)$$

dans laquelle le terme général Φ_n de rang n, a pour valeur (4), en désignant, pour simplifier les rapports $\frac{\Theta}{T}$ par λ, et $\frac{2\pi}{T}$ par ω.

$$\Phi_n = \frac{B_n \sin\left[\left(2\pi\frac{nt}{T} - \beta_n\right) - \psi_n\right]}{\sqrt{\left[1-\left(\frac{2n\pi}{T}\right)^2\frac{K}{C}\right]^2 + \left[\frac{2n\pi}{T}\frac{A}{C}\right]^2}} = \frac{B_n \sin[(n\omega t - \beta_n) - \psi_n]}{\sqrt{(1-n^2\lambda^2)^2 + (2n\lambda\alpha)^2}}. \qquad (4)$$

avec

$$\text{tg}\,\psi_n = \frac{2n\pi}{T}\,\frac{A}{C\left[1-\left(\frac{2n\pi}{T}\right)^2\frac{K}{C}\right]} = \frac{2n\lambda\alpha}{1-n^2\lambda^2}. \qquad (5)$$

Φ_n est l'amplitude et ψ_n le décalage de ce terme harmonique.

On voit ainsi que :

1° Les retards de phase ψ_n subis par les divers harmoniques vont en croissant depuis la

---

termes exponentiels. En effet, la résonance maxima a lieu, d'après ce qui suit, pour l'harmonique de période $\frac{\Theta}{\sqrt{1-2\alpha^2}}$ tandis que la pseudo-période des oscillations propres amorties est, d'après ce qu'on vient de voir, $\frac{\Theta}{\sqrt{1-\alpha^2}}$. Il est d'ailleurs évident, *a priori*, que le fait de répéter un phénomène périodiquement ne peut en changer le caractère discontinu. Les rides doivent donc avoir pour origine les termes exponentiels dans tous les cas.

Portons en effet dans l'équation (1), la valeur d'un terme général de F :

$$F = B_n \sin(n\omega t - \beta_n) = B_n \sin\gamma_n$$

en posant pour abréger

$$n\omega t - \beta_n = \gamma_n,$$

la solution θ, c'est-à-dire le terme général doit être de la forme

$$\theta = X\sin\gamma_n + Y\cos\gamma_n.$$

D'où en substituant dans l'équation (1) cette valeur θ

$$[C - \omega^2 n^2 K](X\sin\gamma_n + Y\cos\gamma_n) + A\omega n(X\cos\gamma_n - Y\sin\gamma_n) = B_n\sin\gamma_n.$$

L'identification des termes en sinus et en cosinus donne

$$\begin{cases}(C-\omega^2n^2K)X - \omega nAY = B_n\\ \omega nAX + (C-\omega^2n^2K)Y = 0.\end{cases}$$

D'où

$$X = -\frac{C-\omega^2n^2K}{(\omega nA)^2 + (C-\omega^2n^2K)^2}B_n,$$

$$Y = -\frac{\omega nA}{(\omega nA)^2 + (C-\omega^2n^2K)^2}B_n.$$

D'où en remplaçant dans l'expression de θ_1 et posant

$$\text{tg}\,\psi_n = \frac{\omega nA}{C-\omega^2n^2K}$$

$$\theta = \frac{B_n}{\sqrt{(\omega nA)^2 + (C-\omega^2n^2K)^2}}(\sin\gamma_n\cos\psi_n - \cos\gamma_n\sin\psi_n)$$

$$= \frac{B_n\sin(\gamma_n - \psi_n)}{\sqrt{(\omega nA)^2 + (C-\omega^2n^2K)^2}} = \frac{B_n\sin[(n\omega t - \beta_n) - \psi_n]}{\sqrt{(\omega nA)^2 + (C-\omega^2n^2K)^2}}.$$

valeur $\frac{2\alpha\lambda}{1-\lambda^2}$, pour $n=1$, jusqu'à $\frac{T}{2}$, $(\psi=\pi)$ pour $n=\infty$, en passant par la valeur $\frac{T}{4}$ $\left(\psi=\frac{1}{2}\right)$ pour $n=\frac{1}{\lambda}$; et ils sont d'autant plus grands que α est plus fort; à ce point de vue, l'amortissement doit donc être réduit autant que possible, eu égard aux autres conditions du problème.

2° Les harmoniques supérieurs $\left(n>\frac{1}{\lambda}\right)$ sont affaiblis dans une proportion croissante avec n, tandis que les premiers harmoniques $\left(n<\frac{1}{\lambda}\right)$ subissent un renforcement variable, qui est maximum pour la valeur qui rend le dénominateur de Φ_n minimum. En annulant la dérivée de celui-ci, on trouve

$$n'=\frac{\sqrt{1-2\alpha^2}}{\lambda}.$$

Ce numéro d'ordre de l'harmonique le plus renforcé est, comme on le voit, d'autant plus fort que α est plus petit. Le terme correspondant prend la valeur

$$\Phi_{n'}=\frac{B_{n'}\sin(n'\omega t-\varphi_{n'}-\psi_{n'})}{2\alpha\sqrt{1-\alpha^2}}$$

avec la valeur

$$\mathrm{tg}\,\psi_{n'}=\frac{\sqrt{1-2\alpha^2}}{\alpha}.$$

Si l'amortissement était nul, $(\alpha=0)$ l'instrument deviendrait donc un résonateur parfait pour l'harmonique $n'=\frac{1}{\lambda}$. En tout cas, la résonance sera d'autant plus forte que α sera plus petit.

Il est donc nécessaire, pour éviter les phénomènes de résonance qu'il y ait un amortissement $(\alpha=>0)$; de plus, pour qu'aucun harmonique supérieur au premier ne soit renforcé, il faut et il suffit (¹) que n' soit <1; d'où $\alpha>\sqrt{\frac{1-\lambda}{2}}$, $\left(\text{ou sensiblement } \alpha>\sqrt{\frac{1}{2}} \text{ pour toute valeur } \lambda>\frac{1}{100}\right)$.

Si l'on substitue cette valeur $\alpha=\sqrt{\frac{1-\lambda^2}{2}}$ dans l'expression (4) de Φ_n qui devient

$$\left\{\begin{aligned}\Phi_n&=\frac{B_n\sin(n\omega t-\beta_n-\psi_n)}{\sqrt{(1-n^2\lambda^2)^2+2n^2\lambda^2(1-\lambda^2)}}\\ \mathrm{tg}\,\Phi_n&=\frac{n\lambda\sqrt{1-\lambda^2}}{1-n^2\lambda^2}\end{aligned}\right.$$

on voit que λ étant petit devant l'unité, les déformations subies par l'harmonique de rang n ne dépendent plus sensiblement que du produit $n\lambda$.

Il en est de même si l'on choisit la valeur $\alpha=1$ indiquée plus haut, ce qui donne

$$\Phi_n=\frac{B_n\sin(n\omega t-\beta_n-\varphi_n)}{\sqrt{(1-n^2\lambda^2)^2+(2n\lambda)^2}}=\frac{B_n\sin(n\omega t-\beta_n-\varphi_n)}{1+n^2\lambda^2}$$

$$\mathrm{tg}\,\psi_n=\frac{2n\lambda}{1-n^2\lambda^2}.$$

On devra donc faire $n\lambda$ aussi faible que possible, c'est-à-dire λ d'autant plus petit que I contient des harmoniques d'ordres supérieurs plus importants.

(¹) Cette condition serait aussi remplie si on faisait un oscillographe à oscillation plus lente que celle du courant $(\lambda>1)$; mais cette solution est étrangère à la question. Quand λ est très grand, l'appareil n'indique plus sensiblement que le terme fondamental avec un décalage d'autant plus voisin de $\frac{\pi}{2}$ que l'amortissement α est plus petit.

Pour éclaircir encore mieux cette discussion, nous la traduirons par des courbes dans un cas voisin des conditions ordinaires, c'est-à-dire en supposant un oscillographe de fréquence centuple de celle du courant à étudier ($\lambda = 100$).

La figure 4 construite au moyen des chiffres du tableau I montre les courbes obtenues en portant en abscisses les valeurs de n, c'est-à-dire les numéros d'ordre des harmoniques du courant jusqu'au 200e terme et en ordonnées les facteurs de réduction de l'amplitude des dits harmoniques, que nous appellerons coefficient de déformation

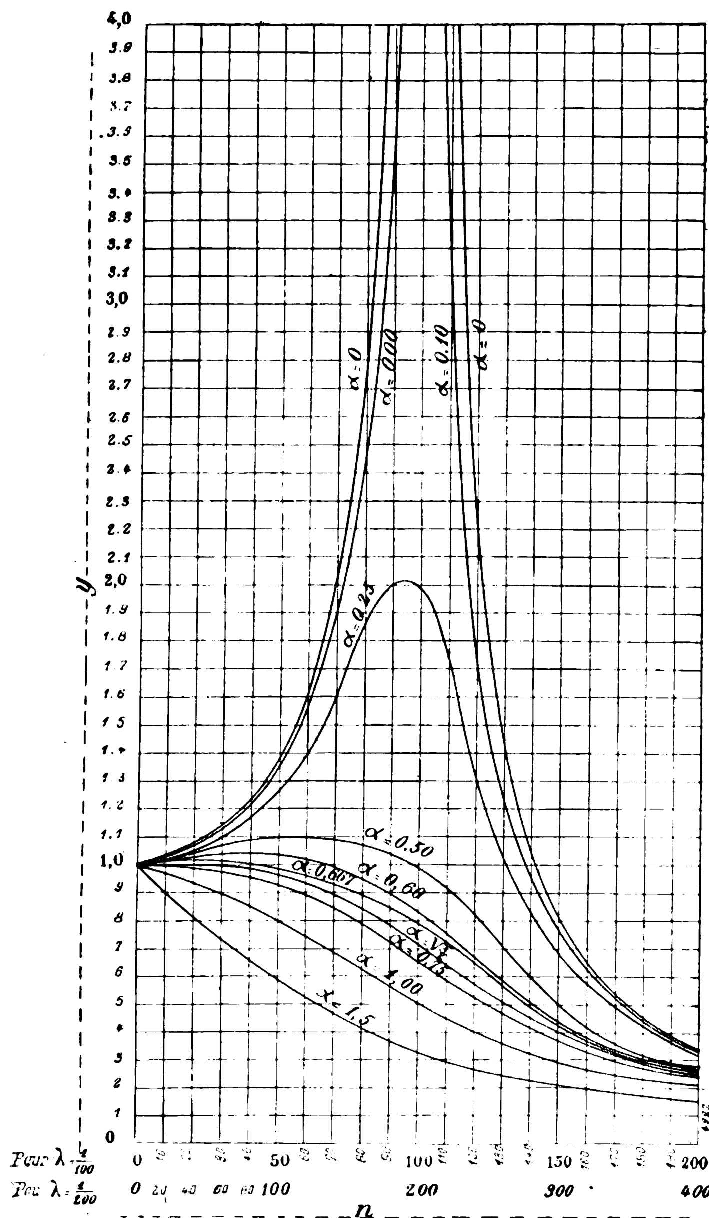


Fig. 4. — Courbe des coefficients de déformation.

$$y = \frac{1}{\sqrt{(1 - n^2\lambda^2)^2 + (2n\lambda\alpha)^2}}.$$

Les dix courbes se rapportent à dix valeurs différentes du coefficient d'amortissement $\alpha = 0$; 0,10; 0,25; 0,50; 0,60; 0,667; $\sqrt{\frac{1}{2}}$; 0,75; 1; 1,5.

Comme en pratique, ce sont les premiers termes harmoniques les plus intéressants, une seconde planche (fig. 5) donne à de plus grandes échelles la partie de ces courbes comprise entre le premier et le deuxième harmonique.

On remarquera d'ailleurs, d'après l'expression de y, que les mêmes courbes s'appliquent à un instrument ayant une valeur de λ moitié moindre $\left(\lambda = \frac{1}{200}\right)$, en doublant les chiffres des abscisses.

La figure 5 donne ainsi par exemple pour un courant de fréquence 50 et un oscillographe de fréquence 10 000, la valeur du facteur correctif de l'amplitude des harmoniques 1 à 20.

Pour les valeurs de α comprises entre 0 et 1 le facteur y ne diffère jamais de l'unité de plus de 2 p. 100 même pour le vingtième harmonique, et avec les valeurs de α voisines de $\sqrt{\frac{1}{2}}$, il est pratiquement égal à l'unité pour les vingt harmoniques, c'est-à-dire pour tous les éléments ordinairement intéressants des courants alternatifs industriels.

En résumé, si l'on combine les conditions indiquées successivement en considérant les deux parties de l'intégrale, il faut pour la réalisation d'un oscillographe simple que :

1° Le *degré d'amortissement*, tout en restant aussi faible que possible, ne descende pas (sauf le cas d'une fonction simplement harmonique) au-dessous de la valeur critique $\alpha = 1$, toutes les fois qu'on a à étudier un phénomène présentant des discontinuités importantes; dans le cas contraire, qui est très fréquent même avec des harmoniques élevés, il est plus avantageux de se

contenter d'un amortissement plus faible, voisin de $\alpha = \sqrt{\frac{1}{2}}$ et qui réduit les déformations au minimum.

2° La *période propre* d'oscillation de l'instrument soit d'autant plus petite par rapport à celle du courant étudié que les harmoniques élevés sont plus importants dans la composition de celui-ci.

Lorsque la période propre est très courte, les rides sont assez facilement reconnaissables et rectifiables pour permettre d'accepter des amortissements beaucoup plus faibles que la valeur critique, et réduire ainsi la déformation des harmoniques supérieurs; mais au voisinage de l'amortissement critique, les houppes se réduisent à un simple crochet difficile à reconnaître.

On verra plus loin comment on peut évaluer le degré d'approximation réalisable et corriger les résultats obtenus.

Sensibilité et amortissement. — La réalisation de vibrations propres très rapides pour satisfaire aux conditions précédentes rend difficile d'obtenir une grande sensibilité et un amortissement efficace. On s'en rend compte facilement en exprimant la déviation par unité du couple déviant $\frac{\theta}{M}$ (M étant le couple déviant) et l'amortissement A correspondant à l'amortissement critique en fonction de la période propre Θ. De la définition $\Theta = 2\pi\sqrt{\frac{K}{C}}$ et de la relation $\theta = \frac{M}{C}$, on déduit :

$$\frac{\theta}{M} = \frac{1}{C} = \frac{\Theta^2}{4\pi^2 K}.$$

De la définition du coefficient d'amortissement, supposé égal à l'unité, on déduit de même

$$A = \frac{4\pi K}{\Theta}.$$

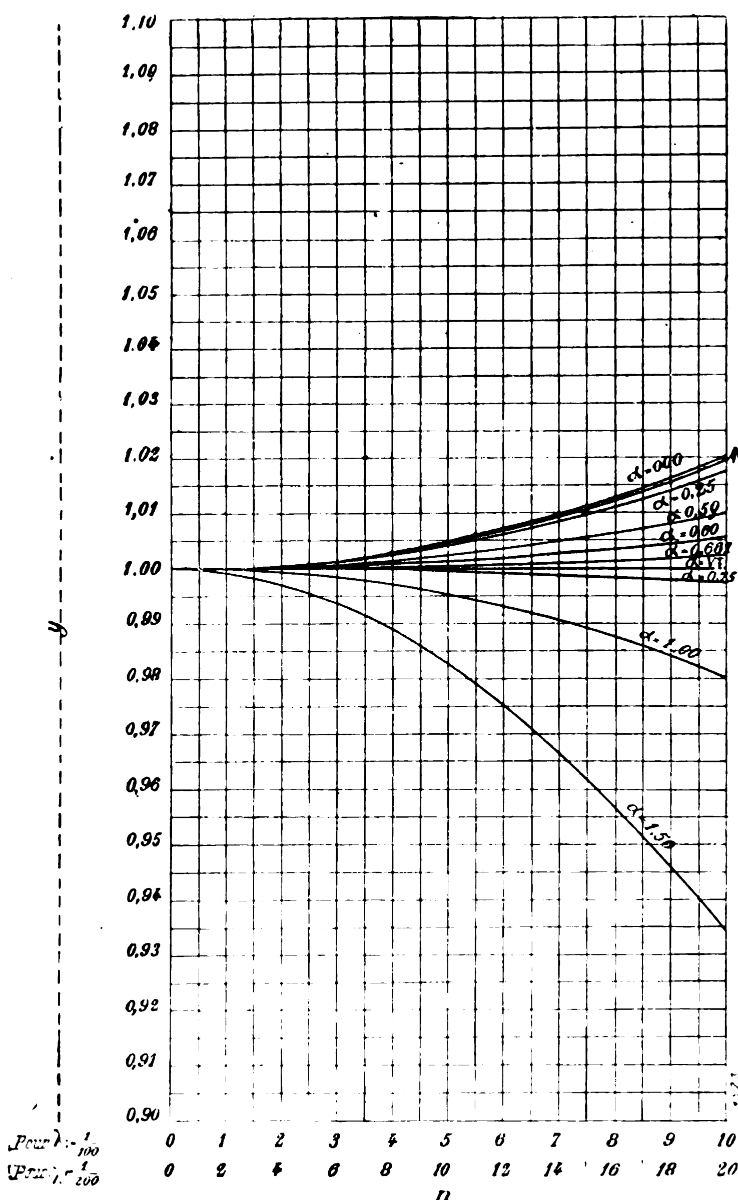


Fig. 5. — Détail des courbes précédentes à plus grande échelle.

C'est-à-dire que le coefficient d'amortissement nécessaire croît proportionnellement *au nombre* de vibration par seconde, tandis que la sensibilité varie en raison inverse *du carré de ce nombre*. Pour qu'elle conserve une valeur suffisante, il faut donc réduire extrêmement le moment d'inertie K.

Examinons les facteurs de cette sensibilité, l'oscillographe à fer doux étant supposé monté sur pivots ou sur fil sans tension et soumis ainsi à la seule action directrice du champ magnétique.

Soit :
$\mathcal{H}$ l'intensité du champ directeur,
$\mathcal{J}$ l'intensité d'aimantation du barreau,
h, b, c, les hauteur, largeur, épaisseur de ce barreau,
ω le poids spécifique du fer,
$\mathcal{H}' = Gi$ le champ déviateur produit par le courant i,
G, la constante galvanométrique correspondante.

L'épaisseur du barreau étant petite par rapport à sa largeur (en pratique elle est au plus de 1/10 à 2/10 de cette largeur), l'expression du moment d'inertie du barreau K en fonction du moment d'inertie I de sa section droite

$$K = \frac{\varpi}{g} \frac{hbc}{12} (b^2 + c^2) = \frac{\varpi}{g} h J$$

se réduit sensiblement à

$$K = \frac{\varpi}{12 g} (hbc) \times b^2.$$

Son moment magnétique étant (hbc) I, dans l'hypothèse d'une aimantation sinusoïdale, il est soumis dans le champ directeur à un couple déviant

$$M = \mathcal{H} \mathcal{J} (hbc).$$

Si l'on néglige le moment d'inertie du miroir, la durée d'oscillation a pour valeur en unités C. G. S.

$$\Theta = 2\pi \sqrt{\frac{K}{\mathcal{H}\mathcal{J}(hbc)}}$$

et le nombre d'oscillations propre par seconde

$$N = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{12 g \mathcal{H}\mathcal{J}}{\varpi (b^2 + c^2)}}$$

D'autre part le couple déviant est, en appelant $\mathcal{H}'$ le champ des bobines,

$$\mathcal{H}' \mathcal{J} (hbc) = G i \mathcal{J} (hbc).$$

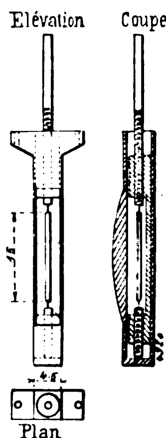


Fig. 6. — Boîte du barreau de fer doux (vraie grandeur de l'oscillographe de 1897.

et l'angle de déviation est donc

$$\theta = \frac{\mathcal{H}'}{\mathcal{H}} = \frac{Gi}{\mathcal{H}}.$$

La sensibilité en fonction du nombre d'oscillations propres N est donc

$$\frac{\theta}{i} = \frac{12 g G \Theta^2 \mathcal{J}}{\varpi 4 \pi^2 (b^2 + c^2)} = \frac{12 G g}{\varpi} \frac{\mathcal{J}}{N^2 (b^2 + c^2)}.$$

On voit que, pour une période Θ donnée, elle varie proportionnellement à $\mathcal{J}$ et G et en raison inverse du carré de la largeur b du barreau. On doit donc chercher à saturer le mieux possible le barreau de fer et le faire aussi étroit que possible, (la durée Θ ne dépend du reste que de la largeur du barreau), placer les bobines le plus près possible du barreau et leur donner le plus grand volume compatible avec une faible self induction.

Quand j'ai appliqué ces formules aux appareils construits, en supposant le barreau saturé, j'ai toujours trouvé des nombres de périodes bien supérieurs à ce que donnait réellement l'expérience. Par exemple, dans mon vieil oscillographe simple à 5000 construit en 1897 (fig. 6), avec un barreau de 1 mm de largeur 1/10 d'épaisseur et un champ de 10000 C.G.S., en supposant $\mathcal{J} = 1\,200$ C.G.S., dont la figure 7 repro-

duit les résultats d'expériences (nombre de vibrations mesurées dans le champ d'un puissant électro-aimant soumis à des excitations croissantes), on aurait dû avoir 20 fois plus, car la formule donne

$$N = \frac{1}{6,28}\sqrt{\frac{12 \times 981}{7,8\,(0,25)}}\sqrt{\mathcal{H}\mathfrak{I}}\ 12,35\sqrt{10\,000 \times 1\,200}$$

soit plus de 40000 vibrations que l'inertie du moteur pouvait réduire au plus de 25 p. 100.

Il faut en conclure que, sous cette faible largeur et cette grande hauteur (15 mm), l'action démagnétisante des pôles du barreau sur celui-ci est très grande et que malgré l'intensité du champ, l'intensité d'aimantation reste très faible.

Cela explique aussi que la sensibilité soit faible et ne diminue pas très vite quand on augmente l'excitation de l'électro-aimant.

La forme de la courbe des nombres de vibrations en fonction de l'excitation, indique bien une saturation, mais c'est celle des noyaux de l'électro-aimant et non pas du barreau mobile.

Cette difficulté de saturer le fer doux a été reconnue également avec des barreaux de fer doux bien plus courts par MM. Hotchkiss, Milliss et Mac Kittrik, qui ont imité aux États-Unis mon premier oscillographe à fer doux, mais en suspendant le barreau à un fil de cocon ou de quartz, comme le montre la figure 8. Ils employaient des barreaux de 1 mm de largeur, 1/10 d'épaisseur et 1 à 2 mm de hauteur seulement, et n'ont pu atteindre d'abord que 2 à 3000, puis 5000 vibrations.

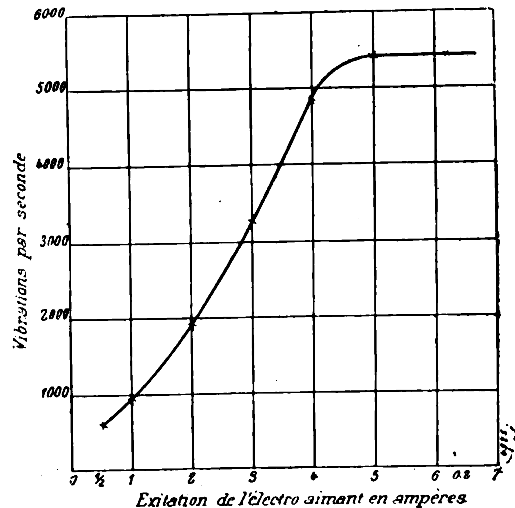


Fig. 7. — Nombre de vibrations doubles, en fonction de l'excitation de l'électro-aimant.

Barreau suspendu à un fil ou à une bande jouant le rôle de ressort de tension. — On peut aller plus loin dans la voie des hautes fréquences en employant des fils de suspension ronds ou plats épais, de façon qu'ils présentent un coefficient de torsion important. Si on appelle en effet C ce coefficient, le nombre de vibrations N devient plus grand suivant la nouvelle formule

$$N = \frac{1}{\theta} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\mathcal{H}\mathfrak{I}\,(hbc) + C}{K + K'}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{(\mathcal{H}\mathfrak{I}\,hbc + C)\,12\,g}{K' + \varpi\,hbc\,(b^2 + c^2)}}$$

dans lesquelles K' réprésente le moment d'inertie de la suspension.

La sensibilité correspondante absolue a pour expression le rapport nouveau des couples de torsion,

$$\frac{\theta}{i} = \frac{\mathcal{H}'\mathfrak{I}\,hbc}{\mathcal{H}\mathfrak{I}\,hbc + C} = \frac{Gi}{\mathcal{H} + \dfrac{C}{\mathfrak{I}\,hbc}}$$

valeur plus petite que précédemment pour un même degré de saturation.

En fonction du nombre d'oscillations, cette expression redevient encore, si K' est négligeable devant K

$$\frac{\theta}{i} = \frac{12\,Gg\mathfrak{I}}{4\pi^2\varpi(b^2 + c^2)N^2}$$

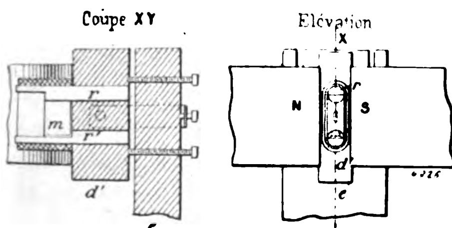


Fig 8. — Disposition de l'équipage à barreau de fer doux de Hotchkiss et Millis.

et reste le même que plus haut si on a même valeur de $\mathfrak{I}$ pour la même fréquence; cette condition n'est remplie qu'à partir du moment où la saturation du fer doux est atteinte. On peut ainsi réaliser

Tableau I. — *Valeurs numériques ayant servi à construire la figure 5* $\left(\lambda = \frac{1}{100}\right)$

Valeurs de α	Valeurs de n	Valeurs de y $y = \frac{1}{\sqrt{(1-n^2\lambda^2)^2 + (2n\lambda\alpha)^2}}$	Valeurs de α	Valeurs de n	Valeurs de y $y = \frac{1}{\sqrt{(1-n^2\lambda^2)^2 = (2n\lambda\alpha)^2}}$
0	0	1	0,667	0	1
	1	1,00002		1	1
	2	1,00008		2	1,0001
	3	1,0018		3	1,0002
	4	1,0032		4	1,0004
	5	1,0050		5	1,0006
	6	1,0073		6	1,0008
	7	1,0099		7	1,0011
	8	1,0124		8	1,0014
	9	1,0164		9	1,0017
	10	1,0203		10	1,0022
0,10	0	1	$\sqrt{\frac{1}{2}}$	0	1
	1	1,0001		1	1
	2	1,0004		2	1
	3	1,0009		3	1
	4	1,0026		4	1
	5	1,0049		5	1
	6	1,0071		6	0,9999
	7	1,0097		7	0,9998
	8	1,0127		8	0,9997
	9	1,0161		9	0,9995
	10	1,0199	0,75	0	1
0,25	0	1		1	1
	1	1,0001		2	0,9999
	2	1,0007		3	0,9998
	3	1,0016		4	0,9996
	4	1,0027		5	0,9994
	5	1,0043		6	0,9991
	6	1,0063		7	0,9988
	7	1,0087		8	0,9984
	8	1,0113		9	0,9979
	9	1,0143		10	0,9974
	10	1,0177	1	0	1
0,50	0	1		1	0,9999
	1	1,0001		2	0,9992
	2	1,0004		3	0,9982
	3	1,0009		4	0,9968
	4	1,0016		5	0,9949
	5	1,0025		6	0,9928
	6	1,0036		7	0,9903
	7	1,0049		8	0,9874
	8	1,0064		9	0,9840
	9	1,0081		10	0,9803
	10	1,0100	1,50	0	1
0,65	0	1		1	0,9993
	1	1,0001		2	0,9972
	2	1,0002		3	0,9937
	3	1,0005		4	0,9889
	4	1,0009		5	0,9828
	5	1,0014		6	0,9754
	6	1,0020		7	0,9668
	7	1,0027		8	0,9571
	8	1,0036		9	0,9462
	9	1,0044		10	0,9345
	10	1,0055			

Tableau II. — *Valeurs numériques ayant servi à construire la figure 4* $\left(\lambda = \frac{1}{100}\right)$

VALEURS DE α	VALEURS DE n	VALEURS DE y $y = \frac{1}{\sqrt{(1 - n^2\lambda^2)^2 + (2n\lambda\alpha)^2}}$
0	0	1
	50	1,333
	75	2,286
	90	5,263
	100	∞
	110	4,762
	125	1,778
	150	0,800
	200	0,333
0,10	0	1
	50	1,321
	75	2,150
	90	3,817
	100	5
	110	3,286
	150	0,778
	200	0,330
0,25	0	1
	50	1,265
	75	1,689
	90	2,047
	100	2
	110	1,698
	125	1,195
	150	0,686
	200	0,316
0,50	0	1
	50	1,11
	100	1
	150	0,512
	200	0,277
0,60	0	1
	20	1,010
	30	1,022
	40	1,034
	50	1,042
	100	0,833
	150	0,456
	200	0,260

VALEURS DE α	VALEURS DE n	VALEURS DE y $y = \frac{1}{\sqrt{(1 - n^2\lambda^2)^2 + (2n\lambda\alpha)^2}}$
0,666	0	1
	20	1,004
	30	1,006
	40	1,007
	50	0,997
	100	0,750
	150	0,424
	200	0,2491
$\sqrt{\frac{1}{2}}$	0	1
	20	0,9992
	30	0,9960
	40	0,9874
	50	0,9701
	100	0,7071
	150	0,4061
	200	0,2425
0,75	0	1
	10	0,999
	20	0,994
	30	0,985
	40	0,969
	50	0,942
	100	0,666
	150	0,385
	200	0,236
1	0	1
	50	0,800
	100	0,500
	150	0,308
	200	0,200
1,5	0	1
	50	0,596
	100	0,333
	150	0,214
	200	0,149

des fréquences plus élevées qu'avec le barreau seul, mais on est vite limité dans cette voie par l'inertie K' du fil ou ressort de suspension ; et il arrive ainsi un moment où en augmentant la section du fil on ne gagne plus rien sur la fréquence, au contraire.

Il est donc logique d'employer le fil de suspension lui-même comme élément magnétique, et c'est ainsi que j'ai été conduit au dispositif de la bande de fer doux vibrante, dont on donnera plus loin la théorie.

(A suivre.)

A. Blondel.

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION

Distorsion du champ et réaction directe de l'induit, par **P. Bauch**, ingénieur conseil, *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII p. 611-614, 625-636, 10 et 17 juillet 1902.

L'auteur rappelle d'abord divers travaux effectués sur cette question. Il a dès la fin de l'année 1892, publié dans l'*E. T. Z.*, p. 644, entre autres travaux, un diagramme, utilisé ensuite par M. Rothert, dans lequel il construit la force magnétomotrice résultante dans une dynamo quelconque, comme la différence géométrique de 2 vecteurs, représentant le premier la force magnétomotrice du champ d'excitation, et le second la force magnétomotrice développée par le courant qui circule dans l'armature. L'étude des courbes de tension au collecteur, lui ayant montré que, physiquement, ce diagramme ne représentait pas les choses avec assez de précision, l'auteur avait, dès 1894, étudié une autre solution, qu'il ne publia pas alors, parce qu'il trouva dans le Bulletin des Ingénieurs Electriciens sortis de l'Institut de Montefiore, en 1897, lorsqu'il eut fini ses propres travaux, une méthode analogue, quoique différant dans le principe et dans les conclusions secondaires. Depuis ce temps, il a étudié à fond cette question, et il se décide aujourd'hui à en publier les résultats, le travail de l'ingénieur belge étant resté inconnu.

Une théorie de la réaction d'induit doit permettre d'étudier et de prédéterminer par le calcul, les trois phénomènes suivants : la distorsion du champ, la chute ou augmentation de tension par la force magnétomotrice antagoniste de l'armature, les variations du courant d'excitation sous l'action du courant de l'armature. Cette dernière partie est absolument négligeable dans les dynamos à courants continu et à courants polyphasés ; elle n'est appréciable que dans les dynamos à courants alternatifs simples; l'auteur ayant constaté que l'établissement et la résolution des équations se rapportant à ce cas sont très compliqués, et qu'il est difficile de trouver autant d'équations que d'inconnues, le laisse de côté pour le moment et se borne à l'étude des deux premières questions, les plus importantes, dans les deux cas des dynamos à courant continu et à courants polyphasés.

L'armature d'une dynamo en charge, constitue un électro-aimant présentant autant de pôles que le système inducteur. L'intensité du champ de cet aimant se répartit le long de la périphérie de l'armature suivant la nature de l'enroulement et du courant qui le parcourt : il y a autant de zones neutres que de pôles : les lignes de force du système sont dirigées partout, sauf au voisinage des lignes neutres, perpendiculairement à la circonférence de l'induit, c'est-à-dire radialement. La force magnétomotrice de l'armature étant développée, soit sur la périphérie même de l'armature pour les induits lisses, soit au voisinage de la périphérie pour les induits à dents, on peut la représenter par une couche d'aimants moléculaires, dont l'épaisseur en chaque point mesurera la force magnétomotrice qui y est développée ; nous serons ainsi ramenés à une conception physique bien connue, ce qui nous facilitera l'étude du phénomène.

L'auteur cite les travaux faits dans ce sens par M. Hanappe (1) et F. W. Carter (2).

Représentons d'autre part la force magnétomotrice du système inducteur par une couche d'aimants moléculaires équivalents ; en général, sauf le cas de pièces polaires beaucoup plus larges que le noyau et d'une saturation assez grande du noyau (3), la couche d'aimants moléculaires sera également répartie en tous les points de la pièce polaire : nous laisserons de côté, le cas d'une répartition inégale, peu important et conduisant d'ailleurs à des résultats peu différents.

Dans les machines normales, la valeur du champ (ou l'épaisseur de la couche correspondante) est toujours plus grande pour le système inducteur que pour le champ de l'induit; et le champ résultant est représenté par la somme des deux actions ou des deux couches moléculaires,

(1) Voir Hanappe. *Écl. Élect.*, 1896

(2) Voir *Journal of Proc. of the Institution of Electrical Engineers*, 1900, XXIX.

(3) Voir Arnold et Lacour. *Elektrotechnische Vortrage*, 1902, n° 1-3.

qui est généralement de même signe que le champ inducteur. La figure 1 se rapporte au cas d'une dynamo à courant continu avec balais calés dans la ligne neutre : la surface hachurée f représente le champ inducteur constant ; la surface hachurée a, le champ de l'induit, tel que la différence de potentiel magnétique augmente linéairement tout le long de l'induit, la ligne neutre coïncidant exactement avec le milieu de la pièce polaire ; la surface hachurée $f+a$, la combinaison de ces deux champs, ou champ résultant.

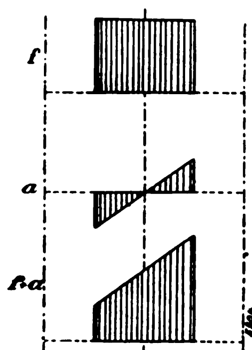


Fig. 1.

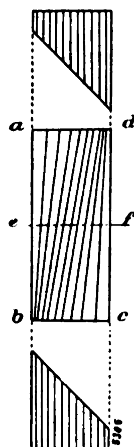


Fig. 2.

Les champs n'ont été tracés que sous la pièce polaire, à l'exception de la zone neutre du champ inducteur, et sans tenir compte de la dispersion aux cornes polaires.

Pour nous rendre compte de la nature du flux engendré dans le fer par une telle répartition de champ ou de la différence de potentiel magnétique, remarquons qu'un pareil système admet toujours un nombre entier de paires de pôles, et que, dans chaque paire de pôles, les mêmes phénomènes se reproduisent symétriquement aux deux pôles, avec des signes différents. La figure 2 représente une barre de fer aux deux extrémités de laquelle existent des champs répartis suivant la loi indiquée par les deux parties inférieure et supérieure de la figure. De l'inégalité de répartition du champ aux deux extrémités et de la disposition des valeurs maxima sur une diagonale, il résulte que les lignes de force seront disposées comme le montre la figure 2 (partie centrale) ; à mesure que l'on s'avance vers la section droite médiane, l'inégalité de répartition s'adoucit, au milieu la densité des lignes de force est régulière sur toute la section, et de nouveau l'irrégularité recommence pour devenir finalement symétrique de celle de la première face, lorsqu'on arrive à la seconde extrémité ; ce dispositif est réalisable mécaniquement, en exerçant à la fois une pression sur les deux extrémités d'une diagonale d'un parallélipipède de fer : la pression inégale sur les faces extrêmes, va en se répartissant peu à peu sur les sections intérieures et devient uniforme sur la section centrale.

Pour déduire de la loi de répartition du champ ou de la force magnétomotrice, celle des lignes de force, il faut bien se garder de prendre la densité des lignes de force proportionnelle à la différence de potentiel magnétique ou force magnétomotrice agissante, car le flux varie suivant une loi différente de la proportionnalité : à partir de la saturation, il augmente beaucoup moins vite que la force magnétomotrice : c'est là cependant une erreur que commettent beaucoup d'auteurs, en particulier Adams [1].

Considérant d'abord une dynamo à courant continu, l'auteur donne un procédé très ingénieux pour déduire l'induction en chaque point de la force magnétomotrice ; il se sert de la caractéristique à vide.

Cette courbe, en effet, tracée avec des coordonnées convenables, donne le flux total correspondant à chaque force magnétomotrice inductrice à vide ; par suite, tant que les balais restent calés dans la zone neutre, et ne pénètrent pas sous les pôles, et que le potentiel magnétique croît régulièrement d'une corne polaire à l'autre, le segment de caractéristique à vide, compris entre les deux ordonnées correspondant aux forces magnétomotrices résultantes aux deux cornes polaires, tracé en prenant en ordonnée l'induction moyenne dans l'entrefer et en abscisse la force magnétomotrice inductrice, représente exactement la répartition du flux le long de l'entrefer.

On voit sur la figure 3, deux courbes, l'une est une droite qui représente la répartition de la force magnétomotrice sur la pièce polaire ou mieux la répartition éventuelle de l'induction, si la réluctance du circuit magnétique était partout égale à celle qui correspond à la force magnétomotrice résultante à la ligne neutre de

[1] *Electrical Review*, 1895, nº 37.

l'armature; l'autre, un fragment de la caractéristique à vide, qui représente la répartition vraie de l'induction, les deux courbes se coupent sur

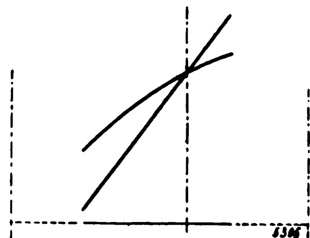


Fig. 3.

la ligne neutre de l'armature, et par suite de l'action de la saturation magnétique, la branche de gauche est surélevée et la branche de droite abaissée, la différence des inductions aux deux cornes polaires étant relativement beaucoup plus faible que la différence des forces magnétomotrices correspondantes.

Il va sans dire que cette représentation n'est exacte que si : 1° la dispersion aux cornes polaires est peu importante ; 2° l'entrefer présente partout la même longueur.

On peut calculer les inductions aux différents points dans le cas général, comme on calcule la caractéristique à vide : on prend en chaque point la longueur de l'entrefer, qui peut être constante, ou variable, et qui mesure sa réluctance par unité de section, on y ajoute la réluctance du reste du circuit (obtenue par tâtonnement), et en tenant compte de la force magnétomotrice résultante, on en déduit, en ce point, l'induction véritable : il y a évidemment tâtonnement car la réluctance du fer du circuit dépend de l'induction ainsi obtenue, comme dans tous les calculs magnétiques.

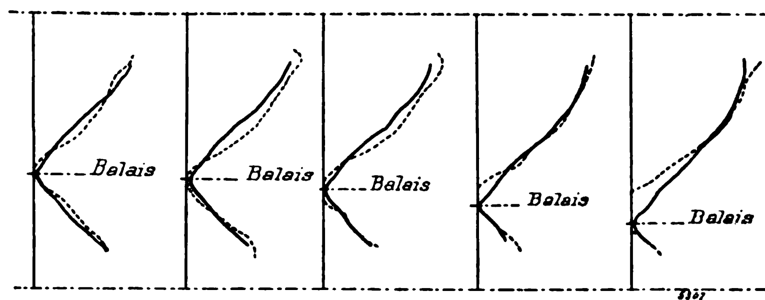


Fig. 4.

L'auteur donne (fig. 4) les différents aspects de la courbe des inductions, d'une vieille machine Wood pour lampes à arc, avec enroulement anneau, grand entrefer, et balais calés sous les pôles, dans différentes positions ; les courbes en traits pleins et en pointillé représentent respectivement les résultats du calcul et des mesures [1].

Dans le calcul de ces courbes, l'auteur a tenu compte de la dispersion intérieure de l'anneau, très importante dans cette machine à grande réaction d'induit, et pris les valeurs correspondant au milieu de l'enroulement très épais de l'induit.

Le calcul est beaucoup plus facile quand il s'agit d'une machine à faible entrefer de longueur constante, pour lequel on peut utiliser simplement la caractéristique à vide. La figure 5 donne un exemple de ce calcul ; on y remarque en traits pleins la répartition de l'induction à

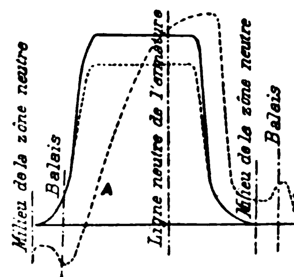


Fig. 5.

vide pour le courant d'excitation de pleine charge, et en traits pointillés, courbe A, la courbe de répartition de l'induction en pleine charge, avec un léger décalage des balais : la forme de la courbe A au point correspondant aux balais

[1] Voir communication faite par l'auteur à Kiel. *Zeitschrift. f. E. u. M.*, 1901.

est due à ce qu'en ce point le champ de l'armature est supérieur à celui de l'excitation. Les deux courbes se coupent près de la ligne neutre

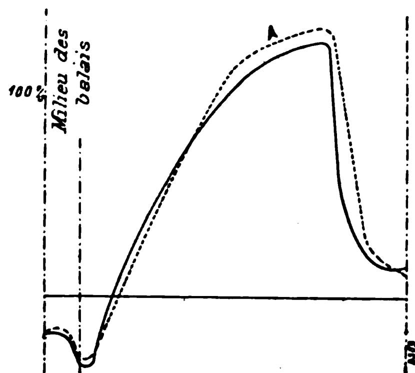


Fig. 6.

de l'armature; la figure 6 donne la comparaison pour la même courbe A à plus grande échelle, entre le calcul (traits pleins) et la mesure (trait pointillé).

A partir de la ligne neutre du champ de l'armature, le potentiel magnétique croît dans les deux sens le long de la périphérie, suivant une ligne droite dans la dynamo à courant continu, sauf dans la zone neutre de l'excitation, où la nature de l'enroulement peut apporter des modifications ; en chaque point, sauf cette réserve, il est proportionnel à l'arc qui sépare le point considéré de la ligne neutre de l'armature. Soit N le nombre de conducteurs périphériques, I le courant total, $2a$ le nombre de dérivations dans l'armature, β le demi-arc polaire en degrés, γ le décalage des balais également en degrés, le potentiel de l'armature sous la corne polaire, où les deux champs inducteurs et induits se retranchent est (en ampères-tours),

$$P' = \frac{NI}{2a} \times \frac{\beta + \gamma}{360};$$

à l'autre corne polaire,

$$P'' = \frac{NI}{2a} \times \frac{\beta - \gamma}{360};$$

sous cette forme l'action du décalage en avant des balais se manifeste comme une augmentation de la force magnétomotrice antagoniste à la corne affaiblie et une diminution à l'autre corne, ce qui correspond aux ampères-tours antagonistes que l'on considère habituellement.

Dans le cas des alternateurs polyphasés, l'auteur opère de la manière suivante :

Il détermine d'abord le courant d'excitation en court-circuit par un procédé quelconque ([1]). De là il déduit, étant donné le décalage extérieur φ du courant sur la tension aux bornes, le décalage β du courant sur la force magnétomotrice induite, et qui correspond au décalage des balais dans la dynamo à courant continu.

Mais dans l'alternateur polyphasé, la différence de potentiel le long de l'armature ne varie plus linéairement ; elle varie suivant une courbe qui dépend de l'enroulement, et qui se rapproche plus ou moins de la sinusoïde : l'auteur l'assimile à une sinusoïde, et détermine la valeur maximum de la force magnétomotrice de l'armature en multipliant par un facteur convenable (souvent 1,5), qui dépend de l'enroulement, le résultat déduit de la courbe de court-circuit. Puis en des points suffisamment nombreux le long de la

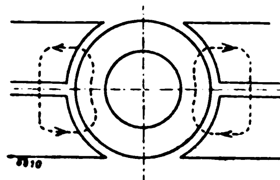


Fig. 7.

pièce polaire, et par exemple équidistants, il fait le total algébrique des ampères-tours constants de l'excitation et des ampères-tours de l'induit, ceux-ci étant faciles à calculer, puisqu'on connaît le o de la sinusoïde (ligne neutre déduite de la connaissance de β) et l'amplitude. A chacune de ces forces magnétomotrices correspond une force électromotrice déduite de la caractéristique à vide, et qui donne une mesure de l'induction en ce point. Si maintenant on fait la moyenne de ces différentes forces électromotrices on obtient, à la chute de tension RI près, la tension aux bornes de l'alternateur pour l'excitation et la charge considérées ([2]).

([1]) Voir *Zeitschrift für Elektr.* (Vienne), 1901, n° 31.

([2]) Avec cette façon de procéder, on commet une erreur due à la dispersion, qu'on fait entrer à faux, sous forme d'ampères-tours de l'induit, erreur qui n'est pas négligeable ici, car la dispersion est beaucoup plus considérable dans les alternateurs usuels que dans les dynamos à courant continu ; on sait, d'autre part, que l'erreur augmente rapidement avec la saturation de l'inducteur.

N. d. T.

On peut par exemple, disposer les calculs suivant le tableau ci-dessous.

Point	Ampère-tours de l'excitation	Ampère-tours de l'induit	Résultante	Force électro-motrice en volts	Moyenne
100°	10 000	— 2620	7380	5750	
80°	10 000	— 2620	7380	5750	
60°	10 000	— 2310	7690	5900	6125
40°	10 000	— 1710	8290	6180	
20°	10 000	— 910	9090	6450	
0°	10 000	∓ 0	10 000	6730	

Perte ohmique 100 volts.
Tension aux bornes 6125 — 100 = 6025.

Revenant à la dynamo à courant continu, l'auteur, dans de longs développements, combat la théorie actuelle de la réaction d'induit, dans laquelle on distingue une réaction directe et une réaction transversale. Beaucoup d'auteurs disent que les ampères-tours de l'induit donnent, dans la pièce polaire, naissance à un flux transversal, et que par suite on peut diminuer beaucoup cette réaction transversale qui produit la distorsion du champ, en offrant une grande résistance au passage du flux par l'introduction d'une fente parallèle à l'arbre de l'induit et perpendiculaire à la pièce polaire (fig. 7).

L'auteur s'élève à juste titre, croyons-nous, contre cette opinion, et prétend que les fentes ne servent de rien dans la lutte contre la distorsion du champ, citant à ce sujet l'avis exprimé par un ingénieur, bien connu dans le monde des constructeurs, M. Fischer Hinnen, qui, dans sa dernière édition allemande de la construction des dynamos à courant continu, déclare, qu'aux essais, les fentes longitudinales du circuit magnétique n'ont donné aucun résultat [1].

Allant plus loin, l'auteur fait remarquer que si on pratique une fente longitudinale tout le long d'un circuit magnétique (ce qui est facile avec une dynamo Manchester, par exemple) on se trouve avoir, aux deux pôles nord et sud du circuit simple, des nombres de lignes de force ou flux très différents, puisque l'une des deux surfaces polaires voit son action magnétique renforcée pendant que celle de l'autre est diminuée: il semble donc que les lois du circuit magnétique soient violées. L'auteur se demande si la dispersion suffit à équilibrer cette différence de flux et s'il ne subsiste pas une différence réelle de flux entre les deux parties d'un même circuit magnétique (?).

Il cite à ce sujet, les travaux de deux jeunes ingénieurs américains Frisbee et Stratton [1], qui ont étudié la répartition des flux dans une petite dynamo Manchester, et sont arrivés aux résultats consignés dans les deux figures, 8, pour la marche à vide, et 9 pour la marche en charge, les nombres inscrits étant proportionnels aux flux [2].

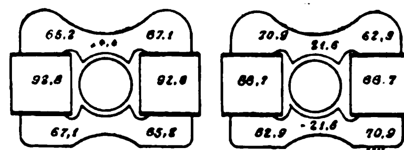


Fig. 8 et 9.

Dans les alternateurs à courants polyphasés, les choses sont un peu différentes : La loi de répartition du potentiel le long de l'armature n'est plus une droite, mais une courbe variable plus ou moins voisine de la sinusoïde; la somme des forces magnétomotrices agissant le long d'une ligne de force n'est plus la même pour toutes les lignes de force, comme dans la dynamo à courant continu, où la somme des actions de renforcement et d'affaiblissement est constante pour chaque ligne de force, mais elle varie d'une quantité qui, étant une somme de sinusoïdes, est elle-même une sinusoïde; le décalage de la ligne neutre de l'armature sur l'axe du

(1) Il y a bien en effet force magnétomotrice transversale, mais non flux transversal; de la composition des forces magnétomotrices sur laquelle la fente n'a aucune action, résulte une répartition inégale du champ, comme l'a expliqué l'auteur, et une distorsion des lignes de force; la fente prolongée assez loin, gêne un peu le passage des lignes de force, mais cela ne paraît pas devoir diminuer l'action de la force magnétomotrice de l'induit, et peut plutôt, à notre avis, dans certains cas, par une augmentation inopportune de la réluctance du circuit magnétique, aller à l'encontre du but cherché, en augmentant la chute de tension. N. d. T.

(1) *Electrical World*, 1895.

(2) Ces résultats ne nous paraissent pas très probants car ils semblent s'expliquer assez bien par l'action de la dispersion, qui est formidable dans ce type de machines. N. d. T.

pôle, est la somme des décalages du courant sur la tension aux bornes, et de la tension aux bornes sur la force électromotrice à vide, et se trouve ainsi beaucoup plus grand que celui qui résulte du déplacement des balais dans la dynamo à courant continu [1]; enfin, à cause du petit nombre de dents, la forme de la courbe de la force électromotrice ne dépend pas seulement de la répartition du champ, mais de la forme et de la disposition des dents. Pour se débarrasser de cette déformation de la courbe par les dents, et aussi pour diminuer l'action perturbatrice de la dis-

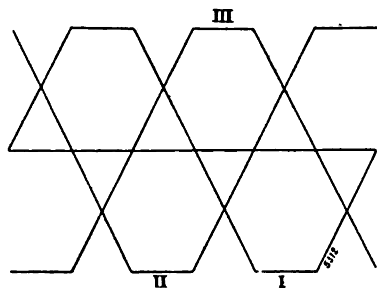


Fig. 10.

persion de l'induit, qui est d'autant plus faible que le nombre de dents est plus grand, l'auteur a étudié spécialement le cas d'une commutatrice, construite par M. Pichelmayer, pour la transformation de courants triphasés en courant continu, qu'il fait fonctionner comme génératrice triphasée.

Il considère d'abord le cas de la marche en génératrice en court-circuit, et montre qu'alors il y a un champ négatif engendré sous le milieu de la pièce polaire. La commutatrice est pourvue d'un enroulement triphasé, dans lequel chaque phase couvre les deux tiers de la circonférence; comme le montre le tracé de la figure 10.

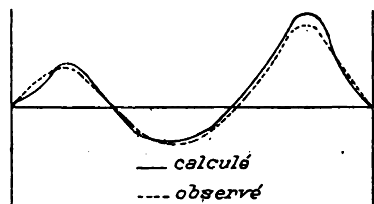


Fig. 11.

A un endroit fixe de la périphérie de l'armature, agissent à la fois toutes les spires d'une phase et un nombre de spires croissant ou décroissant régulièrement dans les deux autres phases.

Sans entrer dans tous les calculs de l'auteur, signalons le résultat auquel il est arrivé, et qui est représenté par la figure 11, laquelle met bien en évidence le champ négatif occasionné par ce fait, qu'en court-circuit il y a égalité entre les

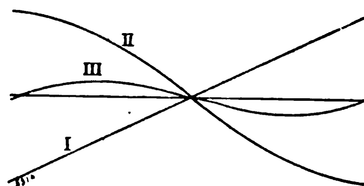


Fig. 12.

forces magnétomotrices moyennes de l'induit et de l'inducteur, et que par suite la force magnétomotrice maximum de l'induit dépasse en certains points la force magnétomotrice de l'inducteur.

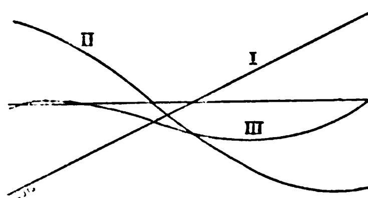


Fig. 13.

L'auteur continue l'application de sa méthode dans le cas beaucoup plus compliqué du fonctionnement en commutatrice : là se présentent à la fois deux réactions de l'armature qui sont

[1] En effet le plus petit arc de pôle employé dans la dynamo à courant continu est en général 120°, ce qui fait en admettant qu'on décale les balais jusqu'à l'entrée de la corne polaire, un angle maximum de 30°; d'autre part, dans une dynamo à courants alternatifs, on a déjà entre la tension aux bornes et la force électromotrice à vide, un angle du même ordre de grandeur, soit 30°; si de plus le facteur de puissance du réseau est 0,80 ou 0,70, cela donne un décalage supplémentaire, respectivement de 37° et 46°, si bien que finalement la distance angulaire de la ligne neutre de l'armature et de l'axe du pôle est portée à une valeur comprise entre 67° et 76°; or avec une pièce polaire de 120°, et seulement une distance angulaire susvisée de 60°, le renforcement maximum occasionné par le champ de l'induit est nul puisqu'il est proportionnel (à la corne polaire), à sin (60°-60°), c'est-à-dire 0, tandis que l'affaiblissement est proportionnel à sin (60° + 60°) + sin 120° à l'autre corne polaire.

Remarquons à ce sujet, que l'augmentation considérable de différence de potentiel entre deux surfaces en regard de pièces polaires augmente notablement la dispersion de l'inducteur entre ces pièces avec la charge.

plus ou moins directement opposées, suivant le décalage du courant alternatif sur la tension. La

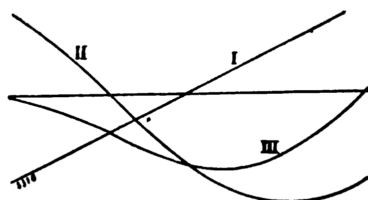


Fig. 14.

forme de la courbe de répartition du champ varie avec le décalage : les figures 12 à 18 représentent l'allure de la réaction résultante de l'induit (cb. III), obtenue par la combinaison de la

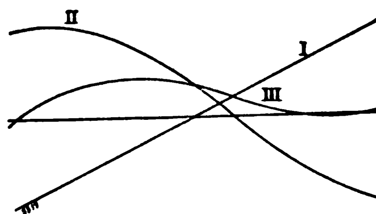


Fig. 15.

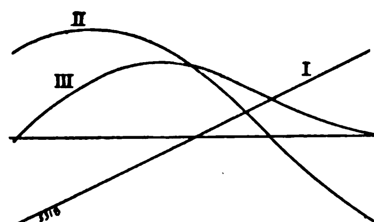


Fig. 16.

droite de réaction du courant continu (cb. I), et de la sinusoïde du courant alternatif (cb. II),

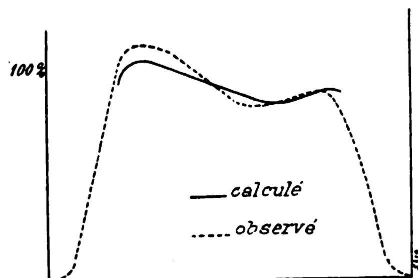


Fig. 17.

pour le cas d'une même puissance mise en jeu, et respectivement dans les conditions suivantes de valeur de l'angle de retard du courant sur la tension aux bornes :

fig. 12, $\varphi = 0$; fig. 13, $\varphi = +20°$; fig. 14, $\varphi = +40°$; fig. 15, $\varphi = -20°$; fig. 16, $\varphi = -40°$

Le signe correspondant à une avance du courant sur la tension.

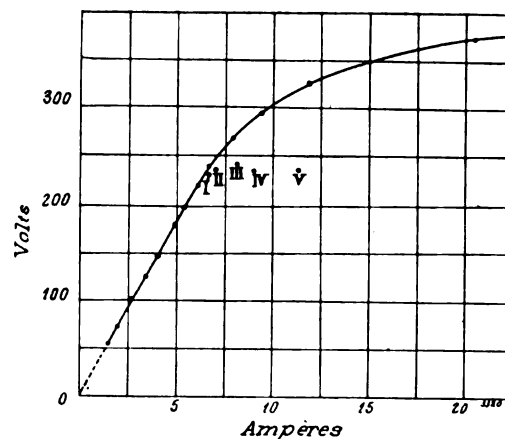


Fig. 18.

La figure 17 donne les courbes calculées et observées de la répartition de l'induction résultante pour le cas d'un décalage approximatif $\varphi = 35°$: exactement, courbe en traits pleins, calculée pour un décalage du champ tournant

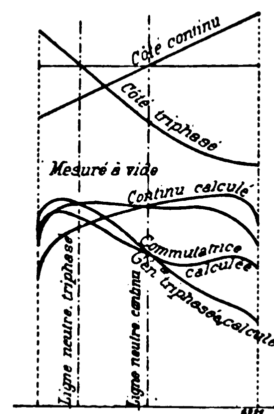


Fig. 19.

sur le champ continu de 35° ; courbe en pointillé, courbe de l'induction relevée pour un facteur de puissance de 0,80, soit un décalage entre le courant et la tension de 36° environ, conditions un peu différentes, car il faut encore tenir compte du léger décalage intérieur entre la tension

en charge et la force électromotrice à vide.

La figure 18 donne la caractéristique à vide

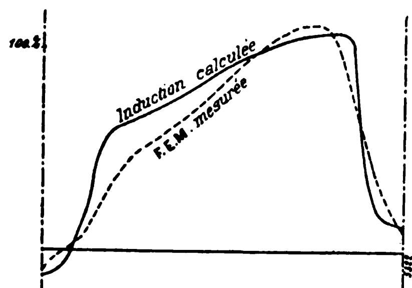


Fig. 20.

de la machine, dans laquelle une tension de 289 volts correspond à une excitation de 8,95 ampères ; la figure 19 donne rassemblées et tracées seulement dans l'intervalle occupé par la pièce polaire, les différentes courbes de répartition du champ dans le fonctionnement en géné-

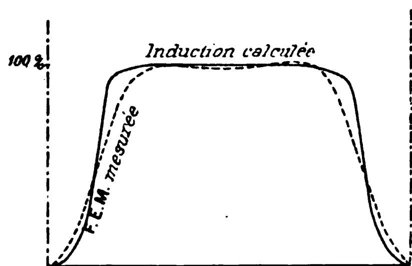


Fig. 21.

ratrice continue, en génératrice triphasée et en commutatrice, pour un décalage du champ triphasé de 35° sur le champ continu : enfin dans les figures 20 et 21, l'auteur indique les courbes de fonctionnement en charge avec 104 ampères, sans décalage, et à vide, dans le fonctionnement en générateur triphasé, calculée sans tenir compte de la légère obliquité des cornes polaires par rapport à l'arbre qui existait dans cette machine, ou mesuré en relevant la force électromotrice.

A. M.

Production et transformation de courants alternatifs superposés, système Arnold, Bragstad et Lacour. *Elektrotechnische Rundschau*, t. XIX, p. 195, 15 juin 1902.

Le nombre de périodes et de phases des courants alternatifs varie suivant les emplois auxquels on les destine, tels que mise en marche de moteurs, éclairage par arc, éclairage par incandescence, etc. Fr. Bedell a indiqué [1] comment, par superposition, on peut amener ou prendre des courants différents en des points au même potentiel d'une distribution de force électrique ou d'une installation de transformation déjà existante. Les dispositions indiquées par Bedell, dans lesquelles les courants superposés sont amenés en des points de l'enroulement des génératrices, des moteurs, des transformateurs ou des bobines de réaction du système principal, ont l'inconvénient que ces courants éprouvent, par l'effet de la self-induction de ces enroulements, une forte chute de tension, à moins que ces enroulements ne soient dépourvus de self-induction, de manière que les courants superposés ne puissent réagir mutuellement par induction.

Les méthodes de E. Arnold, Bragstad et Lacour, à Carlsruhe, permettent d'éviter cet inconvénient sans employer des enroulements sans induction ; à cet effet, les courants différents sont amenés dans un même fil non par conduction, mais par induction ; c'est-à-dire que l'on superpose les flux magnétiques dans un même noyau de transformateur ou dans une même armature de génératrice.

Comme les courants doivent avoir des nombres de périodes différents et que la perte de tension d'un des courants dans les génératrices, les conducteurs et les transformateurs, est indépendante de celle d'un deuxième courant superposé, les inventeurs donnent à ce système le nom de système polycyclique indépendant. La transformation et la production simultanée ont l'avantage de diminuer les frais d'établissement ; en outre, l'induction maxima dans les transformateurs et les génératrices peut être diminuée par un choix convenable du courant superposé et par suite aussi les pertes par hystérésis, ce qui augmente le rendement.

Entre autres exemples, la figure 1 représente le cas de trois transformateurs monophasés d'un système triphasé (formant le système principal) avec transformation et distribution d'un courant alternatif monophasé superposé. a est la génératrice triphasée, b, b_1 et b_2 sont les trois transformateurs monophasés munis de deux enroulements primaires et d'un secondaire. Trois des enroulements primaires appartenant chacun à

[1] Brevets américains 645907 et 647741.

un des transformateurs sont groupés en étoile et reçoivent le courant triphasé, les trois autres sont en série et reçoivent le courant monophasé de la génératrice *c*. Dans les enroulements secon-

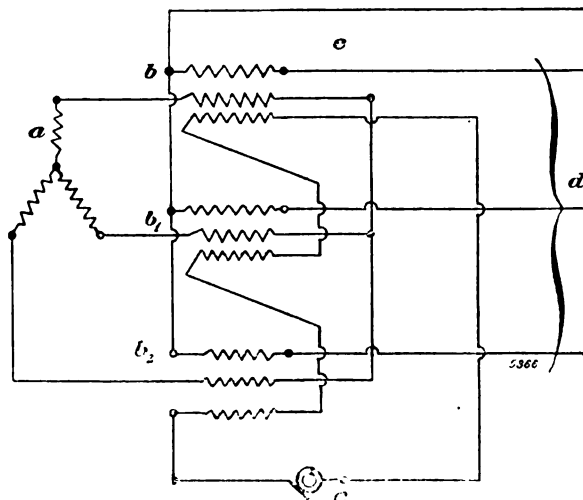


Fig. 1.

daires groupés également en étoile, un courant triphasé et un monophasé sont simultanément induits, tandis que les deux primaires sont sans action l'un sur l'autre. *d* représente l'ensemble

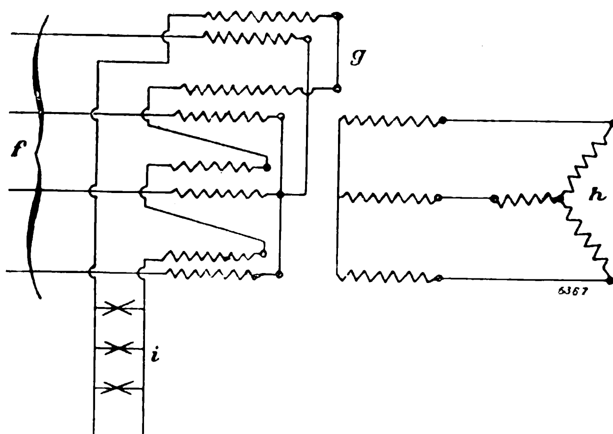


Fig. 2.

des trous conducteurs du système triphasé de distribution de force, *e* est le conducteur neutre qui sert pour le retour du courant monophasé.

On peut aussi employer un transformateur polyphasé avec chemin magnétique de retour pour le flux produit par le courant superposé. Sur le noyau de fer servant comme retour magnétique, on peut placer aussi bien un enroulement primaire qu'un secondaire. Ainsi, dans la figure 2, on a un système triphasé *f* à quatre conducteurs formant le système principal, *g* est le transformateur à quatre noyaux. Dans ce cas, le transformateur sert à la fois pour la transformation et pour la production des deux courants, dont l'un sert pour l'alimentation du moteur triphasé *h* et l'autre pour le réseau d'éclairage à incandescence *c*. Le quatrième noyau du transformateur possède un enroulement primaire et un secondaire. G. G.

Nouveaux moyens pour appliquer la matière active dans les plaques des accumulateurs Théodore Pescatore. **Brevet français n° 317 142 du 23 décembre 1901. Brevet allemand n° 130 522 du 3 avril 1901. Brevet anglais n° 6723 du 30 mars 1701.**

La figure 1 donne une vue en plan ; la figure 2 une coupe verticale suivant la ligne II II de la figure 1 avec la plaque montrée en place ; la figure 3 est une coupe verticale suivant la ligne III III de la figure 1 avec plaque en place.

Dans une table 1 on a pratiqué une ouverture rectangulaire un peu plus grande que la plaque empâtée. Dans cette ouverture est engagée une tablette ou plateforme 2 de préférence en ma-

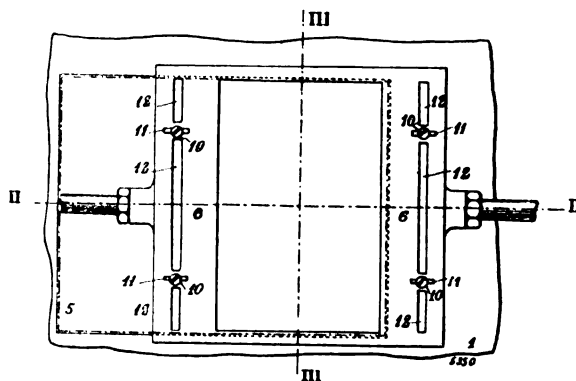


Fig. 1.

tière solide ; cette tablette est supportée par une rangée de vis 3, 3 fixées sur des arcades 4, 4. La plaque 5 à empâter est placée sur une tablette 2 et les vis sont ajustées de façon que la surface supérieure de la plaque 5 arrive exactement au niveau de la surface de la table.

Une trémie ou boite rectangulaire 6 qui n'a pas de fond est mue à la main ou autrement d'avant en arrière et vice versa sur la table et au-dessus de la surface de la plaque, la largeur intérieure de la boite étant exactement égale à

la longueur de la plaque. La boite est remplie avec la matière active soit en pâte soit en poudre. Quand la boite passe sur la plaque, la matière active descend par son poids dans les pores ou ouvertures de la plaque et cette pression peut être réglée en faisant varier la quantité de

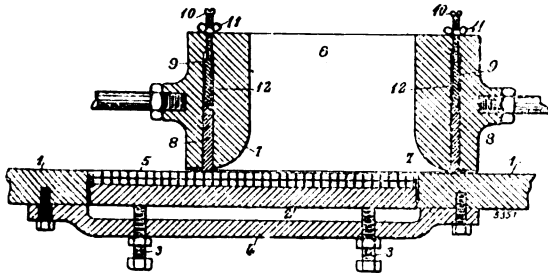


Fig. 2.

matière active. Le mouvement d'avant en arrière de la boite détermine le remplissage de la plaque pendant que la boite est mue dans les deux directions de telle façon que, si un premier passage laisse des places non empâtées, celles-ci sont remplies pendant le mouvement de retour.

Pour que la matière active soit appliquée d'une manière compacte dans la plaque, les bords

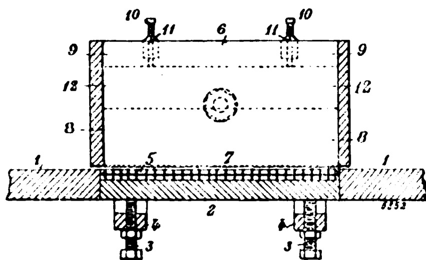


Fig. 3.

inférieurs et intérieurs 7, 7 de la boite, aux parois avant et arrière, sont arrondis de façon que le mouvement de va et vient refoule la matière engagée entre les bords arrondis et la table et détermine la compression dans la plaque.

Des bandes 8, de préférence en caoutchouc, sont engagées dans des rainures 9, pratiquées dans les parois avant et arrière de la boite ; ces bandes font saillie au-dessous des parois de la boite et leur position est réglée par les vis 10, 10 qui déterminent la position des plaques 12 en fer disposées au-dessus des bandes de caoutchouc dans les rainures 9; des vis à oreilles 11 maintiennent les vis 10 dans la position où elles sont réglées ; les rangées de vis 10 sont vissées dans les traverses qui surmontent le dessus des rainures 9.

Les bandes de caoutchouc passant sur la plaque après application de la matière active concourent à comprimer la matière dans les pores de la plaque, adoucissent la surface et font disparaître les inégalités produites.

Avec les plaques ayant une surface inférieure utilisable ou les plaques ayant une forme de grille à ouvertures plus larges aux deux surfaces que dans le milieu, après avoir empâté un premier côté, on retourne la plaque pour empâter l'autre face.

Ce dispositif peut être exécuté avec toute matière convenable, bois dur ou caoutchouc durci ; il résiste ainsi à l'action des pâtes acides ou des pâtes à base de sels mordants. L. J.

TÉLÉGRAPHIE

Sur les expériences de télégraphie sans fil Bruxelles-Malines-Anvers, par **Fernand Poncelet.**

M. F. Poncelet, lieutenant d'artillerie, en Belgique, nous écrit :

Dans le n° 27, t. XXXII de *l'Éclairage Électrique*, je lis un article de M. Turpain, article dans lequel, pages 24 et 25, il est question de ma relation des expériences entre Bruxelles, Malines et Anvers, parue dans le *Bulletin de la Société belge d'électriciens.* L'article de M. Turpain me montre que, trop peu claires sans doute, certaines phrases de ma relation n'ont pas été comprises. Voici quelques mots d'explication à ce sujet :

A propos de ma phrase : « *Tous les signaux transmis de Bruxelles ne sont pas parvenus à Anvers*, mais ce dernier poste a reçu absolument tous les signaux passés par Malines; *ce qui montre la rigoureuse fidélité du repétiteur*, M. Turpain dit : « Pour que le répétiteur fût d'une fidélité tout à fait rigoureuse, il eût fallu que *tous* les signaux transmis de la station de Bruxelles parviennent à Anvers après avoir laissé leurs traces au répétiteur de Malines. Or il en est, d'après M. Poncelet, auxquels le répétiteur s'est montré sourd. »

Il y a un malentendu. Dans mon article, la phrase incriminée est suivie de celle-ci : « En effet, la condition primordiale pour qu'un appareil retransmette un signal est qu'au moins il

l'ait reçu. » Par cette phrase, je voulais expliquer ce que j'entends par *fidélité d'un répétiteur*. Placé au poste intermédiaire de Malines, l'appareil de l'espèce avait une double mission : recevoir des signaux de Bruxelles et les transmettre à Anvers. Supposons que dix signaux soient transmis de Bruxelles et que, pour une cause quelconque, neuf seulement parviennent à Malines. Il est évident que si, par l'intermédiaire du poste de Malines, Anvers reçoit les neuf signaux parvenus à Malines, je suis fondé à dire que le répétiteur a *répété fidèlement* ce qu'il a entendu. Il en eût été tout autrement si, des neuf signaux parvenus à Malines, huit seulement étaient arrivés à Anvers. Dans ce cas, le répétiteur eût été un appareil infidèle.

Ne perdons pas de vue que, dans les expériences de la nature de celles tentées alors par M. Guarini, il ne peut être question de rechercher la perfection absolue dans les moindres détails. Dès que, dans l'expérience de communication directe (Bruxelles transmet, Malines reçoit), M. Guarini eut reçu 99 p. 100 des signaux envoyés, le but était atteint. (Il ne faut pas oublier que nous sommes au début de 1901 et que l'expérience de M. Guarini était le premier essai de transmission sans fil *sur terre* à grande distance.) Si M. Guarini avait cherché à obtenir une réception irréprochable dans la transmission directe de Bruxelles à Malines, il aurait atteint certainement son but, mais dans un laps de temps plus considérable ; l'État belge avait mis à sa disposition, pour trois mois seulement, les trois monuments publics servant de support aux antennes. Mais telle n'était pas l'intention de M. Guarini, qui se proposait uniquement de montrer que le répétiteur de son invention répète tout ce qu'il entend. Et je dois dire que ce but a été atteint, quoi qu'en dise M. Turpain. Que Marconi et les autres expérimentateurs fassent progresser les portées de transmission ; à chaque nouveau progrès, M. Guarini, avec son répétiteur automatique, doublera les portées obtenues.

M. Turpain n'approuve pas mon explication par un effet de l'électricité atmosphérique, du fait que « le répétiteur de Malines une fois déclenché par une onde transmise de Bruxelles ou d'Anvers, continuait à fonctionner sans s'arrêter ». Ce fâcheux effet est attribuable, selon l'auteur, « à l'influence des ondes mêmes produites par le répétiteur sur le cohéreur du répétiteur ». Je cherche vainement le pourquoi de cette opinion : dans les expériences antérieures de laboratoire, le déclenchement continu ne se produisait pas. Je me trouvais précisément au poste de Malines quand ce déclenchement continu s'est produit pour la première fois. M. Guarini et moi avons successivement éliminé les différentes causes probables de ce fait ; après trois jours de vaines recherches, nous commencions à désespérer, lorsque l'un de nous songe à l'excellent paratonnerre que constituait l'antenne du poste (attachée au sommet de la tour Saint-Rombaud). Il nous a été facile de constater que l'électricité atmosphérique était la cause de tout le mal.

Dans le numéro du 22 mars 1901 de *The Electrician*, page 835, j'ai rendu compte des expériences qui le prouvent. Depuis ce jour, le déclenchement continu ne s'est plus présenté : la cause du mal étant trouvée, le remède s'indiquait. Voici d'ailleurs ce que je dis, à ce sujet, dans la relation parue dans le *Bulletin de la Société belge d'électriciens :*

« Différentes expériences nous ont amenés à intercaler un transformateur à noyau de verre et un condensateur entre l'antenne et le cohéreur. Nous avions constaté que, *sans cette précaution*, l'électricité atmosphérique recueillie par l'antenne de Malines, véritable paratonnerre, influençait le cohéreur à chaque interruption, de telle sorte qu'une fois déclenché par une onde transmise de Bruxelles ou d'Anvers le répétiteur continuait à fonctionner sans s'arrêter. »

Je puis donc dire que « cette imperfection du répétiteur », pour employer l'expression de M. Turpain, n'existe plus. Si j'ai parlé de ce déclenchement continu dans ma relation, c'est que je n'ai voulu passer aucun des incidents intéressants produits au cours des expériences.

Plus loin, M. Turpain dit : « La réussite dans ses lignes principales de l'expérience tentée semble avoir déterminé chez *les auteurs* un enthousiasme par trop exagéré. Les conclusions qu'*ils croient* pouvoir tirer, etc. »

Ici, M. Turpain fait erreur, car je suis seul l'auteur de la relation des expériences de M. Guarini. J'ai rédigé ce compte rendu d'après mes notes et mes souvenirs personnels, et les conclusions que j'ai cru pouvoir en tirer me sont toutes personnelles. « L'enthousiasme par

trop exagéré » est donc imputable à moi seul ; j'en fais, volontiers du reste, mon *mea culpa*.

Le renvoi à la fin de l'article de M. Turpain : « dispositions qui sont encore à trouver, les auteurs n'ont pas l'air de s'en douter », s'applique donc aussi à moi seul. Mais ici, je le regrette, je ne puis décemment plus m'avouer coupable. Ce renvoi est relatif aux dispositifs permettant de garder le secret des dépêches. Je ne serais pas sincère en disant que j'ignore « qu'ils sont encore à trouver », car alors je renierais mes propres articles sur ce sujet ; notamment celui paru le 12 juillet 1901 dans *The Electrical Engineer*, et dans lequel, précisément à propos des expériences Bruxelles-Malines-Anvers, j'ai consacré, page 49, un chapitre spécial au secret des dépêches. Je renierais aussi ma collaboration ininterrompue depuis quatre ans déjà, avec M. Guarini, et les expériences presque journalières dans le seul but précisément d'obtenir un secret limité des dépêches.

Je désire encore fournir quelques explications à propos de l'expression que j'ai employée pour caractériser l'appareil Guarini. Celui-ci, ai-je dit dans ma relation, est traversé par le message « avec la vitesse de la lumière ». A quoi M. Turpain objecte : « Et le temps perdu pour les déclenchements des palettes des relais, au nombre de deux par répétiteur ? »

Cette perte de temps ne m'était pas inconnue. Bien avant les expériences de M. Guarini, je l'avais signalée dans une note parue dans les comptes rendus de l'Académie des Sciences. Je dois ajouter qu'au moment où M. Guarini tentait ses expériences, M. Marconi, en Belgique même, installait son poste intermédiaire de la Panne, destiné à permettre aux paquebots belges de la ligne Ostende-Douvres de rester en communication (directe et sans fil) avec Douvres et (indirecte : sans fil du paquebot à la Panne et avec fil d'ici à Ostende) Ostende. Transmise du paquebot, la dépêche arrive sans fil au châlet Marconi de la Panne ; ici, un télégraphiste le reçoit et la porte au bureau des télégraphes de l'Etat établi au village même de la Panne. De ce dernier bureau enfin, si la ligne est libre, la dépêche est envoyée par fil à Ostende. La dépêche Marconi séjourne donc à la Panne un temps appréciable, tandis que la dépêche Guarini ne séjourne à son poste de relais qu'un temps relativement très court, la durée du déclenchement des palettes des relais.

Qu'il me soit permis d'ajouter à ce propos que j'ai fait breveter un apprreil auto-translateur qui, placé à un poste tel que celui de la Panne, transforme automatiquement et sans perte de temps appréciable, une dépêche avec fil en dépêche sans fil et réciproquement. Pour les lecteurs belges du *Bulletin de la Société belge d'électriciens* qui connaissaient notre note communiquée à l'Académie des sciences, les expériences de la Panne et mon brevet, les mots « vitesse de la lumière » avaient un sens bien compréhensible. Ce sens est tout relatif et devait se comprendre tel au moment de la publication de mon article. Je remercie M. Turpain de m'avoir fourni l'occasion de le définir.

FERNAND PONCELET.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET TECHNIQUES

SYNDICAT DES USINES D'ÉLECTRICITÉ

Contribution à l'étude de la marche industrielle des compteurs moteurs, par **Félix Lemaître.**

Le Syndicat des usines d'électricité a tenu, le 26 mai, son second Congrès annuel, Congrès où ont été faites plusieurs communications intéressantes. Le dernier *Bulletin des usines électriques*, organe du Syndicat, publie deux de ces communications, l'une de M. Félix Lemaître, l'autre de M. E. Fontaine, le dévoué secrétaire général du Syndicat. Nous reproduisons ci-dessous la première de ces communications et nous donnons un résumé de la seconde.

I. — L'an dernier, au Congrès du Syndicat professionnel des usines d'électricité, M. Roux signalait que, d'une façon absolument générale, les compteurs électriques retardaient en fonction du temps. Evidemment, si l'on considère des compteurs dont l'entretien est à peu près nul, l'on doit surtout rencontrer, au moment de la

vérification, des compteurs retardant, puisque le nettoyage des organes mobiles n'a pas eu lieu en temps utile.

Mais si l'on considère, et il s'agit ici surtout des compteurs moteurs à 220 volts, des appareils dont l'entretien a été opéré périodiquement, la situation devient meilleure.

Il est d'ailleurs logique qu'il en soit ainsi, si l'on songe que la plupart des compteurs moteurs renferment des aimants permanents, et que, par suite, ces aimants s'affaiblissant avec le temps, le freinage diminue, tandis que le couple moteur reste le même.

En outre, une surcharge des compteurs même momentanée (court-circuit, démarrage de moteur) produit souvent le même résultat.

II. — Poursuivant sa conférence, M. Roux signale les résultats variables donnés par les compteurs à plusieurs enroulements pour courant continu et distribution à 3 ou 5 fils et, ainsi que les secteurs qui emploient ces appareils ont pu le constater, ces moteurs ne donnent des intégrations exactes, que si les enroulements sont traversés par des courants de même intensité, si les ponts sont bien équilibrés.

Il vaut donc mieux employer dans les distributions à plusieurs fils un compteur par pont.

Et ici il y a lieu de remarquer qu'il est indispensable de faire traverser le compteur par le fil extrême (surtout si le fil neutre est à la terre, ce qui se présente fréquemment). Sans quoi la fraude peut s'exercer facilement, car la consommation des lampes allumées entre l'extrême et la terre ne s'enregistre pas dans l'appareil.

La nécessité de faire traverser le compteur par le fil extrême oblige à prendre une précaution importante : les compteurs dont les bornes des fils d'entrée sont marquées par le constructeur doivent être étalonnés suivant le sens du courant indiqué, et posés de façon que le courant qui les traverse circule bien dans ce sens, et si, pour une raison quelconque, l'on est forcé de changer le sens du courant, il est nécessaire de refaire un étalonnage pour le sens du courant nouvellement adopté.

Dans certains compteurs moteurs, dont les bornes d'entrée ne sont pas marquées par le constructeur, il semble qu'il n'y a aucun inconvénient à inverser le courant. C'est une erreur, et, à titre d'exemple, nous donnons ci-joint les résultats des essais d'étalonnage opérés sur des compteurs moteurs en inversant les pôles.

Constatons, en passant, que cette différence d'action du courant selon son sens est surtout sensible sur le compteur de petit calibre.

Dans les compteurs Thomson type O, elle tient non seulement à ce que l'un des aimants permanents est prédominant (et s'il n'y a qu'un aimant, à la position de cet aimant par rapport à l'axe), mais surtout à ce que l'inversion du courant oriente en sens inverse le champ magnétique créé par les inducteurs, tandis que le champ créé par l'aimant permanent reste de même orientation.

Dans les compteurs Thomson type A placés sur un pont de réseau de 3 ou 5 fils, dont le neutre est à terre, il est nécessaire également de ne faire passer que l'extrême dans les inducteurs. Or, dans ces compteurs, la position des aimants permanents est sensiblement symétrique par rapport à l'axe, et comme ces aimants sont de masse égale, l'inversion du courant, lors de la pose du compteur, ne détermine pas de perturbation notable. Néanmoins, il est bon de s'assurer, chaque fois que l'on étalonne un compteur, que l'inversion ne produit aucun changement, et de noter sur la fiche d'étalonnage dans quelles conditions le compteur a été étalonné. Pour les compteurs de petit calibre, il est possible d'étalonner à l'avance des compteurs qui seront posés sur les ponts positifs ou négatifs ; de cette façon, le laboratoire n'a qu'à reconnaître le fil extrême qu'il a à sa disposition au moment de la pose du compteur.

III. — Une question qui présente de plus en plus d'importance et qui a été traitée déjà par M. Janet, dans la remarquable conférence qu'il a faite à la Société des électriciens, le 6 février 1901, est celle de la consommation des compteurs à vide ; cette consommation devrait être comptée au prix de la dépense de charbon qu'elle entraîne, suivant les fabricants de compteurs.

Cette façon de voir n'est pas évidemment celle qu'il faut envisager réellement, car les watts dépensés par les compteurs sont non seulement produits par l'usine, mais encore transportés par la canalisation, et nous allons voir plus loin que cette énergie dépensée n'est pas une quantité aussi négligeable qu'on pourrait le croire.

Voici un exemple de répartition de 1 000 compteurs de calibres différents dans une ville de 100 000 habitants :

Résultats d'essais de compteurs faits à la station centrale d'Amiens.

	GRAND DÉBIT			MOYEN DÉBIT			PETIT DÉBIT		
	Appareil de contrôle	Le compteur indique	Différence p. 100	Appareil de contrôle	Le compteur indique	Différence p. 100	Appareil de contrôle	Le compteur indique	Différence p. 100
	Essais sur Compteur Thompson, type O 5^A^ n° 190 548								
1°	*Etalonnage dans le sens normal. Le + à la borne de gauche des inducteurs :*								
	1130 w	1140 w	+0,89	595 w	592,5 w	—0,4	56,8 w	56 w	—1,4
	1126 w	1135 w	+0,8	619 w	616 w	—0,48			
	Les chiffres indiqués ci-dessus donnent l'étalonnage du compteur avant tout essai.								
2°	*On inverse le courant :*								
	1222	1065	—5,1	603	581,5	—3,57	56,5	46,75	—17,25
	1126	1078	—5,1	603	577,5	—4,2			
	Les différences sont sensibles même au grand débit et très grandes au petit débit.								
3°	*On remet le courant dans le sens normal :*								
	1132	1146	+1,2	610	617	+1,15	56,8	56	—1,4
	1130	1135	+0,4	618	621	+0,48			
	L'on constate que l'appareil a repris sa marche normale.								
4°	*On inverse le courant* (le courant circule en sens inverse de celui indiqué sur le compteur) *et l'on règle en changeant l'aimant de place.*								
	1125	1129	+0,35	500.	606.	+1.	73,8	70,9	—3,9
	1125	1131	+0,54	597,5	602,5	+0,83			
	L'appareil est donc étalonné à nouveau.								
5°	*On inverse le courant* (le courant circule alors dans le sens indiqué par le constructeur).								
	1122	1100	—2.	600	587,5	—2,1	73,8	59,8	—19
	1122	1995	—2,4	603	590	—2,1			
	La différence se manifeste encore sans l'inversion au petit débit comme dans l'essai n° 2.								
6°	*On remet le eourant dans le même sens que dans le n° 4.*								
	1130	1135	+0,44	598	608	+1,6	73,2	70,5	—3,7
	1125	1131	+0,53	598	604	+1.			
	Le compteur a donné le même résultat que lors de l'essai n° 4.								
	Essais sur Compteur Thompson, type O 15^A^ n° 214 102								
1°	*Sens normal :*								
	3290	3205	+0,45	1660	1666	+0,36	69,25	55,35	—20
	3260	3275	+0,45	1640	1638	—0,12			
2°	*En inversant le courant l'on obtient :*								
	3340	3330	+0,03	1710	1710	0	69,25	45	—35
	3360	3365	+0,15	1676	1670	—0,35	64,6	30	—53,5
	La différence est surtout importante au petit débit.								
	Essais sur Compteur Thompson. type O 15^A^ n° 216 301								
1°	*Sens normal :*								
	3340	3370	+0,9	1653	1655	+0,12	64,6	52,8	—18,2
	3340	3350	+0,3	1655	1665	+0,6			
2°	*En inversant le courant l'on obtient :*								
	3340	3360	+0,6	1660	1635	—1,5	64,6	30	—53,5
	3315	3330	+0,45	1625	1606	—1,17			
	Le résultat est sensiblement le même que dans l'essai précédent.								
	Essais sur Compteur Vulcain 2 000 watts n° 13.384								
1°	*Sens normal, première expérience :*								
	2330	2340	+0,43	1125	1130	+0,44	76,6	73,5	—4,04
	2285	2305	+0,87	1144	1143				
2°	*Deuxième expérience. Courant inverse :*								
	2235	2210	—1,12	1120	1132	—1,07	77	46,5	—39,6
	2260	2230	—1,2	1112	1130	—1,62			

Sans que l'écart soit aussi considérable que dans les compteurs 5^A^ Thomson examinés d'autre part, on voit qu'il est encore très appréciable surtout au petit débit.

Or, le petit débit intéresse la Station énormément, car il est fréquent surtout dans la clientèle bourgeoise, dans la clientèle des villes de province où la durée de la pleine charge est fort courte.

Sur 1 000 compteurs, nous en comptons environ : 200 de 3 ampères ; 215 de 5 ; 250 de 10 ; 150 de 15 ; 120 de 25 ; 50 de 50 ; 10 de 75 ; 5 de 100.

Si la moyenne de consommation de ces compteurs (à 110 volts) est de 4 watts 2/10 (la résistance moyenne du fil d'excitation étant de 3 000 ohms dans les compteurs Thomson), l'on voit de suite que la consommation atteint :

$$4,2 \times 24 = 100,8 \text{ watts par 24 heures},$$

par suite $100,8 \times 365 = 36\,792$ watts-heure par an et par compteur. Et pour 1 000 compteurs 36 792 kilowatts-heure par an.

Ainsi il y a, dans un secteur employant ce type de compteur et possédant 1 000 abonnés, une dépense de 36 792 kilowatts-heure par an en pure perte.

Evidemment le fabricant de compteurs rapprochera cela des kilowatts-heure enregistrés, et dira qu'il n'y a là qu'un pourcentage insignifiant.

Mais poursuivons.

Si, au lieu de compteurs d'énergie à 110 volts, nous examinons les compteurs d'énergie à 220 volts, nous trouvons alors, pour la résistance du fil de dérivation d'un compteur de même fabrication que les précédents, une résistance moyenne de 6 000 ohms pour les compteurs de 3 à 15 ampères et de 4 500 ohms pour les compteurs de 15 à 100 ampères.

De sorte que nous avons, pour les petits calibres, une consommation de 8 watts environ, et pour les calibres plus forts, une consommation de 10,73 watts ; ce qui nous donnera, pour un compteur de petit calibre, une dépense de

$$8 \times 24 \times 365 = 70\,080 \text{ watts-heure par an};$$

et pour les gros calibres

$$10,73 \times 24 \times 395 = 93\,994 \text{ watts-heure par an}.$$

En conséquence, une station dont les 1 000 compteurs seraient répartis de la façon moyenne indiquée plus haut, fournirait par an

$70\,080 \times 800 =$	56 064 000	watts-heure
$93\,994 \times 200 =$	18 798 800	id.
Total	74 862 800	id.

Il y a donc 74 862 kilowatts-keure dépensés pour l'excitation des 1 000 compteurs de 220 volts dans une année.

Or, si nous comptons le coût du kilowatt-heure pris aux machines à raison de 0,10 (ceci pour ne rien exagérer), nous aurons une dépense de $0,10 \times 36\,792 = 3\,672,20$ pour 1 000 compteurs à 110 volts et de $0,10 \times 74\,862 = 7\,486,20$ pour 1 000 compteurs à 220 volts et remarquons bien que nous ne comptons aucun frais de transport de ces kilowatts absorbés dans les compteurs.

Cependant à l'heure de la pleine charge, ces kilowatts sont une cause de perte en ligne, et si les canalisations étaient chargées au maximum, c'est au prix de vente que devrait être comptée l'énergie ainsi perdue.

Certains constructeurs de compteurs-moteurs ont pu amener les résistances du fil de dérivation pour les compteurs à 220 volts à 9 800 ohms (cela ne nous donne plus qu'une consommation à vide de 4,5 watts environ), tout en conservant un démarrage sous très faible débit.

Il y a donc un progrès sensible de ce côté, mais la dépense est encore très élevée, et évidemment l'on trouvera mieux encore, souhaitons que ce soit le plus promptement possible.

Pour remplacer les compteurs de petit calibre dont nous avons vu plus haut les variations avec les changements de sens du courant et la dépense excessive dans l'excitation, l'on a créé les compteurs de quantité qui ont l'avantage de ne dépenser que pour leur entraînement. Mais ces compteurs ne sont pas applicables dans tous les cas, ils ne peuvent servir que dans les distributions où le voltage est constant sur toutes les lignes ou parties du réseau.

D'ailleurs ces compteurs subissent encore, en ce moment, des perfectionnements, et il y a lieu d'attendre pour connaître tout le parti que l'on en pourra tirer dans l'exploitation des Stations centrales.

En dehors de la solution précédente (emploi de petits compteurs de quantité au lieu de petits compteurs d'énergie), l'on a cherché à couper automatiquement le courant dans l'excitation du compteur lorsque l'installation ne fonctionne pas. Le premier système qui se présente à l'esprit est évidemment celui qui consiste à employer un relais ; mais alors, si le courant principal qui actionne le relais est trop faible, celui-ci n'agit pas, s'il est trop fort il peut le brûler.

Un nouveau système, qui vient d'être breveté

en Allemagne, consiste dans l'emploi de plusieurs relais, calculés pour des intensités différentes. Quand un certain relais est actionné il met en court-circuit ceux destinés à des intensités plus faibles. La solution nous paraît meilleure, le fonctionnement en exploitation industrielle en donnera seul la valeur exacte (¹).

Sur les lampes à incandescence et l'emploi du courant de jour pour les divers usages de la vie courante, par **E. Fontaine.**

Le but de cette communication est de répondre à une question, souvent posée par les exploitants : Donnez-nous les moyens de rendre l'éclairage électrique plus économique que les procédés d'éclairage concurrents : bec Auer, alcool, acétylène.

Une première solution de la question serait évidemment l'invention d'une lampe d'une intensité de 10 à 16 bougies dont la consommation par bougie serait notablement inférieure à celle des lampes à incandescence ordinaires. L'examen de cette solution amène M. Fontaine à parler des lampes Weismann, Nernst, Auer, Cooper-Hewitt. Mais la première n'est actuellement pratiquement applicable que sur les réseaux à courant alternatif ; la seconde, malgré des perfectionnements récemment apportés dans les dispositifs d'allumage, ne peut encore prétendre remplacer partout les lampes ordinaires ; la troisième paraît moins avancée encore dans la voie de l'application ; quant à la dernière et, en général, les lampes à luminescence gazeuse, elles sont encore du domaine du laboratoire.

Aussi le conférencier croit-il devoir insister sur une autre solution, indirecte il est vrai, mais d'une réalisation peut être plus proche : la diminution des frais généraux afférents à l'éclairage par l'utilisation intense de l'usine génératrice pendant le jour. Déjà la fourniture de l'énergie pour la traction et la force motrice a pris quelque développement, mais l'énergie ainsi utilisée est bien faible en comparaison de celle que ces débouchés pourraient absorber. Ainsi dans les villes de trop faible importance pour avoir une ligne de tramways, les usines électriques ne pourraient-elles pas créer des services d'omnibus automoteurs sur route avec prise de courant aérienne, procédé de traction économique comme installation et comme exploitation et appliqué de Fontainebleau à Samois, aux environs de Marseille, à Montauban ? Dans toutes les villes, quelle que soit leur importance, ne pourrait-on pas pourvoir à l'installation chez l'abonné des appareils de chauffage, des ventilateurs, des petits moteurs ? Si l'on en juge par la réclame coûteuse que les fabricants de ces appareils aux États-Unis font dans tous les journaux, il est à croire que ces petites, mais multiples applications de l'énergie électrique sont une source de bénéfices assez importants pour ces fabricants, et il y a certainement beaucoup à faire en France de ce côté.

Diverses réformes législatives concernant l'utilisation des forces motrices hydrauliques et les distributeurs d'électricité sont d'ailleurs de nature à améliorer la situation financière des exploitants d'usines électriques. Cette remarque amène le conférencier à signaler le Congrès de la Houille Blanche, alors dans la période de préparation, et à rappeler l'opiniâtre obstruction qui a empêché le vote de la loi sur la distribution d'électricité (¹).

(¹) Dans les citations de compteurs faites plus haut, nous avons choisi comme exemple les compteurs Thomson parce qu'ils sont connus de tous.

Mais il suffira de faire le même calcul sur les autres types de compteurs, en se reportant, par exemple aux chiffres donnés par M. Janet dans sa conférence, pour savoir d'avance à quoi s'en tenir au sujet de la dépense occasionnée à vide par les divers modèles de compteurs.

(¹) « Vous savez, dit-il, combien au point de vue des canalisations électriques pour les distributions d'électricité, il y a eu de la résistance pour empêcher que la loi que nous désirons tous fût votée. L'obstruction est venue principalement des propriétaires fonciers qui croient que la canalisation électrique, posée au voisinage, devant ou au-dessus de leurs immeubles, constitue « la charrette de foin dans laquelle on va mettre une allumette « et qui n'aura qu'à flamber, » de sorte que nous en étions arrivés à cette conclusion pour obtenir le concours des Chambres syndicales de propriétaires qui sont surtout influentes, qu'il aurait fallu pour ainsi dire nous engager à assurer tous leurs immeubles et charger ainsi nos frais généraux de sommes considérables. Nous n'avons pas pu consentir en principe à des sacrifices pareils et, par conséquent les concours que nous avions préparés se sont vus entravés. Les industries électriques de fabrication, les industries d'exploitation, la Chambre syndicale des Industries à gaz, qui possède nombre d'usines électriques, tous ces concours influents et bien groupés, se sont heurtés simplement à un *veto* rétrograde de la part des propriétaires d'immeubles ; et malheureusement, grâce à cette obstruction, le vote de la loi s'est trouvé retardé. Nous considérons que le temps vaincra

INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS

Section de Newcastle

Séance du 13 janvier 1902.

Sur les rhéostats de démarrage, par **Arthur E. Gott**. *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, t. XXXI, p. 1219-1233.

L'objet de cette communication est de discuter la graduation des résistances plutôt que les détails mécaniques des rhéostats. Le bon fonctionnement de ces appareils n'est possible qu'avec des résistances correctement graduées.

Démarrage sans rhéostat. — Cette méthode n'est admissible, pour les moteurs série, que jusqu'à la puissance de 2 chevaux. Pour les moteurs en dérivation, les plus petits modèles seulement peuvent être mis en marche de cette manière.

Anciens rhéostats. — Beaucoup d'entre eux étaient divisés par parties égales en un nombre de résistances variant de 3 à 6 seulement. Il se produisait ainsi un fort accroissement du courant quand on mettait la dernière résistance hors circuit.

Rhéostats actuels. — Ceux qu'on trouve dans le commerce sont souvent divisés en trois groupes de résistances de différentes sections, de telle sorte que le produit de la résistance, de la capacité de courant et du facteur de temps soit le même pour toutes les résistances et permette de les construire de même longueur. On subdivise ensuite chaque groupe par parties égales en deux résistances ou davantage et l'on obtient ainsi un rhéostat plus ou moins bien gradué qui est en même temps de construction facile. La figure 1 se rapporte à un appareil de ce type, permettant au moteur de développer le couple normal pendant toute la durée du démarrage. On suppose que la manette est maintenue sur chaque touche jusqu'à ce que l'intensité ait pris sa valeur normale.

Conditions de mise en marche. — L'auteur les classe comme suit : mise en marche, 1° à vide (poulies folles); 2° avec une charge croissant avec la vitesse (ventilateurs) ; 3° à charge constante, sans inertie (pompes d'alimentation des chaudières) ; 4° à pleine charge, avec grande inertie ; 5° inertie assez grande pour primer tout autre considération. Dans les trois premiers cas, un rhéostat de démarrage du commerce fonctionnera de façon à peu près satisfaisante, particulièrement avec les moteurs série ou compound. Dans les deux derniers cas, il est très important de diviser les résistances du démarreur de façon à limiter à un taux déterminé l'accroissement momentané du courant, quand on passe d'une touche à une autre,

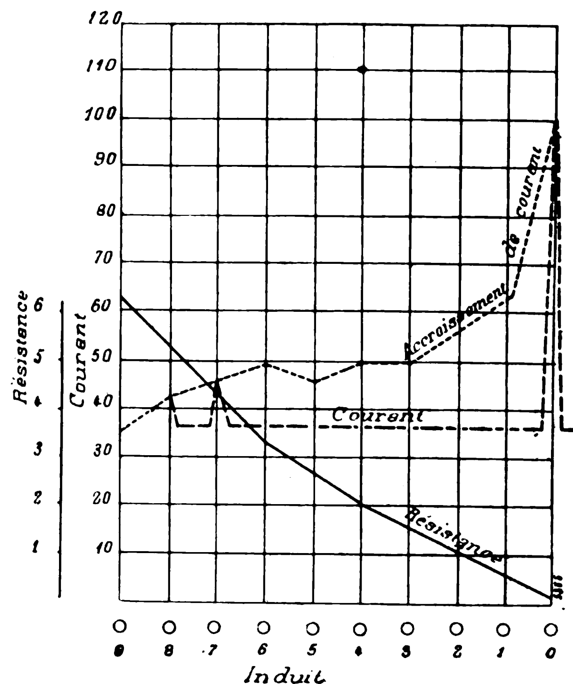


Fig. 1.

Division en progression géométrique. — Pour atteindre à ce résultat, la méthode correcte est une division en progression géométrique entre la résistance de l'induit et la résistance totale prises comme extrêmes. Certaines modifications, toutefois, sont imposées par les considérations du voltage, du nombre de touches disponible et des conditions de construction. La règle générale est donnée par la formule

$$a \times f^n = \text{résistance totale}$$

où a désigne la résistance de l'induit f, le rapport commun des variations momentanées du courant; n, le nombre des sections du rhéostat. L'auteur donne un exemple d'application de

toutes ces obstructions, et que mieux informés par les statistiques si rassurantes de nos industries, les propriétaires nous apporteront enfin le précieux appoint de leur concours pour le vote définitif de la loi. ».

cette méthode, ainsi qu'un procédé qui dispense de tout calcul (1). L'accroissement de courant sera ainsi uniforme pendant toute la période de mise en marche et le moteur atteindra sa vitesse normale d'une façon rapide et régulière.

Difficultés de construction. — Cette méthode de division a ses désavantages. Ainsi, dans l'exemple que donne l'auteur, la résistance de la première section à mettre hors circuit est de 2,03 ohms et celle de la dernière avant l'induit est de 0,108 ohm. Ces deux résistances devant être fixées au même cadre, il y a là une sérieuse difficulté pratique. On la résout généralement en réduisant le calibre de la première résistance, qui ne reste que quelques secondes en circuit.

Hautes tensions. — Une des objections qu'on peut faire à la division en progression géométrique, dans le cas des hautes tensions, c'est que la différence de potentiel entre les contacts est assez élevée pour donner lieu à de fortes étincelles. De plus, comme on est parfois obligé de ramener en arrière la manette du rhéostat, il peut s'amorcer des arcs entre les contacts. On surmonte cette difficulté en limitant à une valeur déterminée la différence de potentiel entre les contacts. Cette valeur limite, selon l'auteur, est de 30 à 35 volts ; on n'a, en s'y fixant, que très peu d'étincelles, même avec des courants de 200 à 300 ampères. De plus, les contacts doivent être rapprochés à 1,5 mm, de sorte que, lorsqu'on ramène la manette en arrière, l'arc formé ne peut se maintenir dans cet intervalle (1).

Combinateur à tambour. — Ce modèle est regardé par l'auteur comme le pire qui soit en

(1) Soit par exemple un moteur de 10 chevaux fonctionnant sous 230 volts et absorbant 38 ampères à pleine charge avec une résistance d'induit de 0,25 ohm; la variation de l'intensité en passant d'une touche à l'autre ne doit pas dépasser 10 ampères. — Le taux pour cent d'accroissement est donc $\frac{10 \times 100}{38} = 26$ p. 100 environ. La valeur du rapport f est donc 1,26 ; les résistances jusqu'à l'extrémité de chaque section du rhéostat, induit compris, sont : $a \times 1{,}26$, $a \times \overline{1{,}26}^2 \ldots a \times \overline{1{,}26}^n$. La dernière valeur $a \times \overline{1{,}26}^n =$ la résistance totale qu'on a décidé d'employer. Les différences entre ces produits représentent la résistance en ohms des diverses sections du démarreur, la première (la plus voisine de l'induit) ayant pour valeur $(a \times 1{,}26) - a$. On peut déterminer de cette manière le nombre des sections. Dans l'exemple choisi, 14 sections donneront une résistance totale de 6,3 ohms : $0{,}25 \times \overline{1{,}26}^{14} = 6{,}3$.

Toutefois, comme il ne serait pas commode d'avoir à fabriquer des résistances d'un grand nombre de modèles différents, la valeur de n peut être fixée déjà par le nombre des modèles existants. La formule précédente donne alors pour f la valeur

$$\text{Log.} f = \frac{\text{Log. R} - \text{Log.}\, a}{n}$$

R étant la résistance totale. On calculera donc, comme il vient d'être dit, les produits af, $af^2 \ldots af^n$. Une méthode due à E. A. N. Pochin (*Electrician*, t. XXXIX, p. 58, 7 mai 1897) permet d'éviter les lenteurs de ce procédé. Sur l'échelle logarithmique d'une règle à calculs, on mesure la longueur en millimètres comprise entre les valeurs extrêmes a et R et on la divise en un nombre n de parties égales. Reportant alors la division ainsi obtenue sur l'échelle logarithmique, on lit, en regard de chaque trait de subdivision, les valeurs af, $af^2 \ldots$ etc., et les différences entre ces valeurs donnent la résistance de chaque section du rhéostat. On aura de plus la valeur de f en mesurant la subdivision à partir de l'unité de l'échelle.

Si l'on reprend l'exemple donné par la figure 1 et qu'on applique cette méthode à la division du rhéostat, sans changer le nombre des sections, qui est de neuf, on trouve pour valeur de l'accroissement f, 43 p. 100 du courant normal, au lieu des 160 p. 100 que donne la première disposition. L'auteur a pu améliorer de cette manière un grand nombre de rhéostats du commerce, par une simple transposition des connexions.

(1) Soit par exemple à construire un rhéostat pour un moteur de 10 chevaux. Tension aux bornes : 500 volts. Courant de pleine charge : environ 17 ampères. Résistance de l'induit et de l'inducteur en série : 1,8 ohm. Résistance totale environ 60 ohms (on aura donc la moitié du courant de pleine charge sur la première touche). Différence de potentiel maxima entre les contacts : 35 volts. — Accroissement maximum de l'intensité : 20 p. 100 du courant de pleine charge. On se sert de l'échelle inférieure de la règle, qu'on divisera en parties égales à 20 mm.

(Cette longueur est déterminée par l'accroissement de courant imposé : si, en effet, comme il est dit dans la note 1, on mesure sur l'échelle inférieure de la règle la longueur comprise entre 1 et 1,2, on trouve 20 mm). Avec la 10e section, on arrive à 11,4 ohms et la résistance de cette 10e section est de 1,9 ohm, de sorte qu'avec le courant de pleine charge elle absorbera 32,5 volts. Si l'on continuait plus loin cette division, on dépasserait donc la différence de potentiel maxima spécifiée entre les contacts, aussi prendra-t-on, à partir de ce point, des sections égales de 2 ohms, jusqu'à ce qu'on ait dépassé 29,5 ohms (la valeur limite permettant le passage du courant normal). Ceci exige 10 autres sections, qui portent la valeur de la résistance à 31,4 ohms. La dernière de ces sections (29,4 à 31,4) mesure 7 mm sur la règle; c'est donc avec cette nouvelle longueur qu'on reprendra la division géométrique jusqu'à ce qu'on arrive à la résistance totale fixée.

usage. Le diamètre du tambour étant ordinairement limité à 15 cm, le nombre de touches entre le démarrage et la vitesse normale n'est que de 6 ou 7, quelles que soient les dimensions du moteur et la valeur de la tension. Ceci donne naissance à des arcs; de plus, le petit nombre des sections ne permet pas d'appliquer la division en progression géométrique, car alors la différence de potentiel entre les premières touches serait trop grande et amènerait de fortes étincelles. On ne peut avoir recours dans ces conditions qu'à un compromis : on diminuera l'accroissement d'intensité pour les premières sections du rhéostat, et on lui donnera une valeur plus élevée vers l'extrémité la plus proche de l'induit.

Dans le cas d'un combinateur série-parallèle, la question se complique du fait que certaines sections de résistance doivent faire double emploi, agissant d'abord dans la marche en série, ensuite dans la marche en parallèle. L'auteur donne un exemple de ce cas : un combinateur doit présenter trois résistances graduées pour la marche en série et deux pour la marche en parallèle, ces deux dernières devant s'obtenir en partageant en deux la plus faible des précédentes. On détermine d'abord par la méthode déjà indiquée les résistances destinées à la marche en série; on fait ensuite de même pour celles de la marche en parallèle, dont la somme doit égaler la dernière résistance trouvée précédemment. Pour qu'il en soit ainsi, on recourt à une cote mal taillée entre les valeurs obtenues.

Rhéostats à liquide. — L'auteur applique les considérations précédentes aux rhéostats à liquide. Quoiqu'ils offrent la meilleure solution de toutes les difficultés, on leur reconnaît deux défauts : 1° le courant ne peut pas être suffisamment réduit au moment où l'électrode entre dans le liquide; 2° la résistance ne peut pas être suffisamment réduite, quand la plaque est à fond de course, avant de mettre le rhéostat en court-circuit; il s'ensuit un brusque afflux de courant qui endommage l'appareil et compromet le moteur et la génératrice. Un bon moyen de parer à ces inconvénients consiste à émailler la cuve à l'intérieur jusqu'à mi-hauteur et à faire passer l'électrode plongeante entre deux autres plaques soudées à la cuve. Au démarrage, l'émail oblige le courant à passer à travers une plus grande longueur de liquide, ce qui rend le réglage bien meilleur, et la disposition des plaques corrige le second défaut en réduisant la résistance au minimum vers la fin de la course. Des démarreurs construits d'après ce principe sont en usage pour de grands moteurs depuis plusieurs années et se comportent très bien même sous une différence de potentiel de 500 volts.

Rhéostats de réglage. — Dans beaucoup d'installations de force motrice électrique, le rhéostat de démarrage et celui de réglage forment deux appareils distincts; la seule différence entre eux, d'ailleurs, est que le rhéostat de démarrage est gradué plus ou moins correctement, tandis que celui de réglage est constitué par des sections de résistance égale. On obtient ainsi des variations de vitesse satisfaisantes, mais il existe un inconvénient sérieux : si l'on déplace la manette pendant que le moteur fonctionne sous charge, on provoque de fortes variations de courant. Aussi l'auteur préconise-t-il la combinaison du rhéostat de réglage avec le démarreur, en donnant aux résistances du premier une section suffisante pour qu'on puisse les laisser constamment en circuit.

Règles proposées pour les rhéostats de démarrage. — Courant maximum quand la manette est sur la première touche, 10 ampères, ou la moitié du courant de pleine charge (choisir la moindre de ces deux valeurs); mais, pour les moteurs absorbant plus de 50 ampères, 20 p. 100 du courant de pleine charge. Maximum de l'accroissement momentané de courant quand on met hors circuit une quelconque des sections, 10 ampères ou 25 p. 100 du courant de pleine charge (choisir la moindre de ces deux valeurs), mais pour les moteurs absorbant plus de 50 ampères, l'accroissement peut être 20 p. 100 du courant de pleine charge. Dans l'intérêt de l'acheteur on peut ajouter : la différence de potentiel entre les extrémités d'une section quelconque du rhéostat doit être limitée à une valeur telle qu'elle ne puisse provoquer d'étincelles nuisibles entre les contacts.

P. L.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XXXIII. Samedi 1er novembre 1902. 9e Année. — N° 44.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

TRANSMISSION ET DISTRIBUTION D'ÉNERGIE

DANS LA VALLÉE DE MEXICO

Les installations de transport d'énergie de la Compania Explotadora de San Ildefonso, qui produit de l'énergie électrique pour l'éclairage et la distribution de puissance dans la ville de Mexico, sont très remarquables. Elles constituent certainement un des plus longs et des mieux étudiés des systèmes de transmission établis actuellement. Les méthodes hors de pratique courante, qui y ont été appliquées avec succès, justifient l'intérêt qu'on lui porte de l'autre côté de l'Océan. La force motrice disponible de plusieurs sources naturelles, relativement peu importantes et séparées par de grandes distances, a été conduite sous forme d'énergie électrique à un seul centre d'utilisation, qui alimente la ville. Pour mener à bien cette entreprise hardie, il a fallu établir plusieurs stations hydrauliques aux endroits convenables et transmettre la puissance engendrée à une distance considérable. Aussi les conditions usuelles de transport à haute tension y sont renversées ; au lieu de produire de l'énergie électrique à une seule station génératrice pour la distribuer ensuite à plusieurs sous-stations, la puissance est engendrée dans plusieurs endroits et recueillie par une grande sous-station que l'on pourrait appeler station collectrice.

L'énergie nécessaire est empruntée aux deux fleuves : Tlalnepantla et Monte Alto. Les trois stations hydro-électriques, celles d'Alameda, Chiluca et Madin sont alimentées par le premier, tandis que les deux autres — à Villada et à Fernandez Leal — utilisent la rivière Monte Alto. On voit sur le plan (fig. 1) les cours des fleuves, les positions relatives des stations génératrices et la situation de la ville de Mexico.

Il suffit de jeter un coup d'œil sur les figures 2 et 3 pour se rendre compte des difficultés

que l'on a dû surmonter pour pouvoir utiliser les sources de force motrice disponibles. Les conduites de communication entre les fleuves et les stations hydrauliques ne mesurent pas moins de 4 à 13 km de longueur et traversent des terrains très accidentés. Chaque conduite est construite en canal ouvert, en tunnel, aqueduc et tuyauterie. Les canaux et tunnels sont taillés en partie dans la roche volcanique très dure et suffisamment consistante pour n'avoir besoin que d'un revêtement. Dans d'autres endroits, où le sol est argileux, des murs

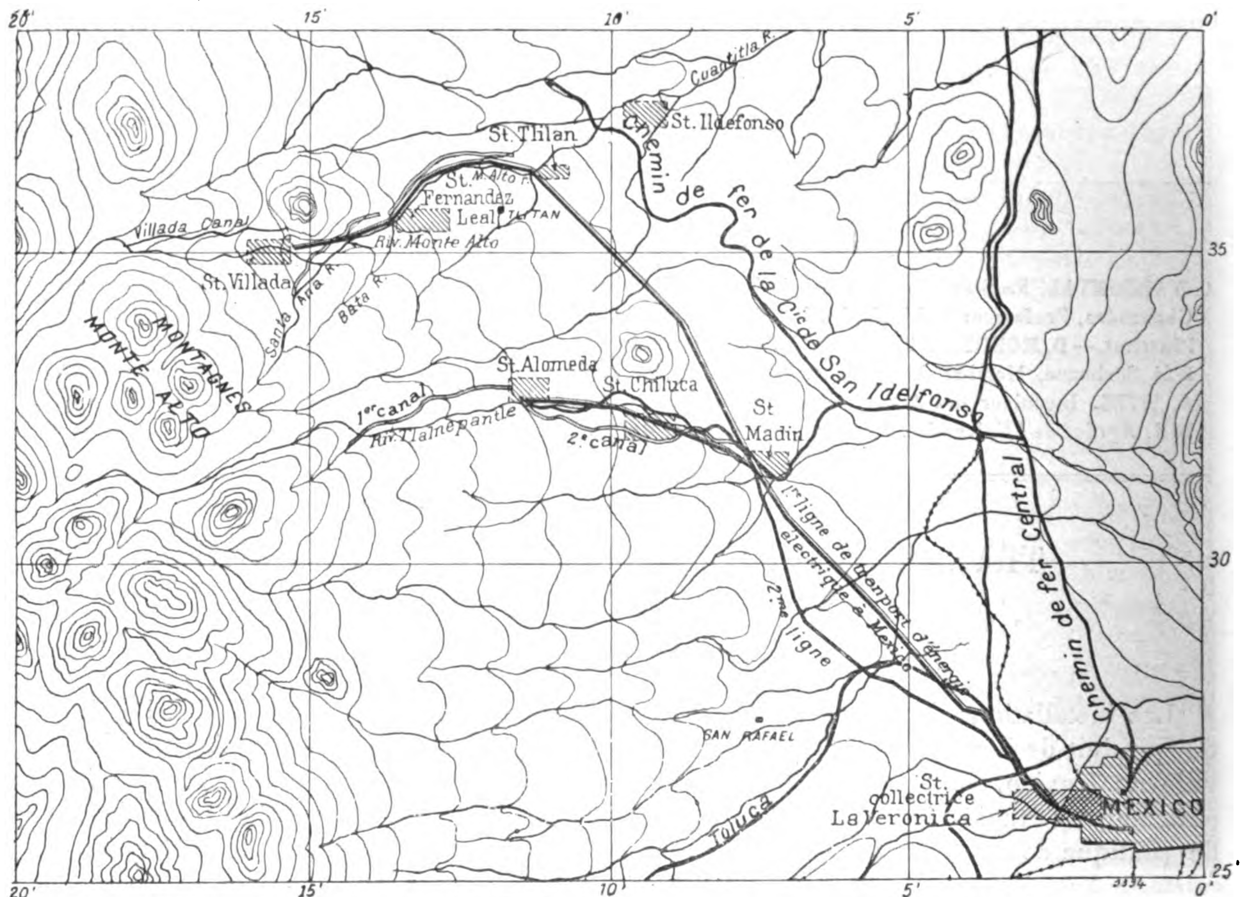


Fig. 1. — Plan des cinq usines hydro-électriques du réseau de Mexico.

de soutènement en maçonnerie servent de consolidation. Les aqueducs, construits en briques et traversant de nombreux vallons et ravins, sont établis sur des piliers en pierre ou en fer profilé reposant sur des fondations en maçonnerie. Deux poutrelles, jetées entre les piliers et dont les semelles inférieures sont réunies par une forte tôle ondulée, supportent la conduite. Dans un endroit, où la vallée est trop large et trop profonde et où la construction d'un aqueduc aurait été très difficile et très coûteuse, on a eu recours à un dispositif particulier. Les deux côtés de la vallée communiquent au moyen d'un tuyau formant siphon, comme on le voit sur la figure 3. Le tube en acier, qui plonge dans la vallée et dont les bouts sont solidement ancrés dans des blocs de maçonnerie, repose sur des massifs rigides en pierre. Les parties de la conduite, constituées par des tuyaux, se composent de tubes d'acier, ayant environ 120 cm de diamètre. En ligne droite les tuyaux sont simplement posés le long des coteaux, chaque nouveau tronçon étant supporté par un

soubassement en briques. Aux coudes ils sont fixés à des blocs solides de maçonnerie.

Des deux stations, sur la rivière de Monte Alto, celle de Villada est située plus haut. La prise d'eau du canal qui alimente cette station, se trouve très haut dans les montagnes à une distance de quelques 12 km. La rivière débite en cet endroit en moyenne 600 m³ d'eau par minute et la hauteur de chute à l'usine est de 130 m. Le canal commence derrière le barrage en maçonnerie construit à travers le fleuve. Deux grilles solides en fer, placées l'une après l'autre à l'entrée du canal, arrêtent les pièces de bois et autres épaves flottant

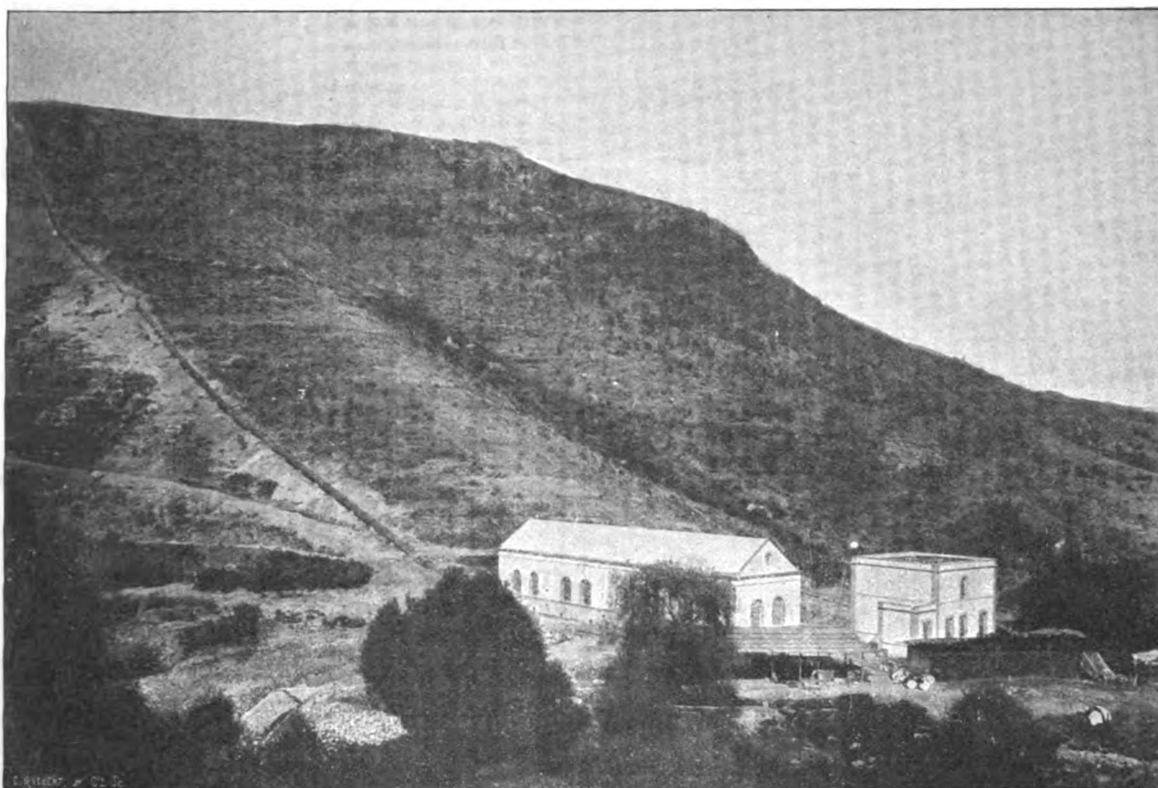


Fig. 2. — Conduite forcée amenant l'eau à la station de Villada.

sur la rivière à l'époque des grandes eaux. Le canal aboutit à un réservoir, établi sur le plateau d'une colline escarpée, immédiatement au-dessus de la station. Ce réservoir comprend deux parties : la première qui constitue plutôt le bassin de curage, communique avec la seconde au moyen d'un canal en briques d'environ 10 m de longueur, protégé par des grillages et muni d'une vanne. La chambre d'eau proprement dite mesure 8,4 m de longueur, 6,9 m de largeur et 6 m de profondeur. Le canal de fuite de la station en question se décharge dans la rivière Monte Alto en un point situé juste un peu plus haut que le second barrage derrière lequel se trouve la prise d'eau pour la station de Fernandez Leal, située, comme nous savons, plus bas que celle de Villada. Le second canal d'amenée est de construction semblable au premier et mesure 8 km de longueur. En un point, situé à 2,5 km de son commencement, il reçoit un supplément d'eau, qui élève son débit total à 620 m³ par minute, la chute utile étant de 118 m. Le tuyau en siphon, mentionné ci-dessus, fait partie de la conduite amenant le supplément d'eau dans ce canal.

Les travaux de captage des eaux de la rivière Tlalnepantla sont arrangés d'une manière semblable. La hauteur de chute disponible à Alameda est de 156 m, à Chiluca et à Madin respectivement 82,5 et 55,5 m.

En ce qui concerne le matériel des stations génératrices, il a été décidé d'installer des turbines, dynamos, transformateurs et appareils accessoires exactement de même type et de mêmes dimensions. Les stations ne diffèrent entre elles que par le nombre d'unités qu'elles comportent, et qui a été déterminé dans chaque cas d'après la puissance dispo-



Fig. 3. — Tuyau en siphon franchissant une vallée et alimentant la station de Fernandez Leal.

nible. Cet arrangement assure plusieurs avantages : le risque d'un arrêt partiel sérieux ou d'un arrêt total des usines génératrices est éloigné ; il ne faut avoir en magasin que peu de pièces supplémentaires, parce qu'elles sont toutes parfaitement interchangeables ; le couplage des alternateurs en parallèle s'effectue beaucoup plus facilement ; enfin le transport des machines a pu être fait aisément dans ce pays si accidenté grâce au choix de petites unités ne comportant que des pièces relativement légères. Il y a en tout dix-neuf groupes électrogènes dont cinq dans chacune des stations de Villada (fig. 4) et Fernandez Leal, quatre à l'usine d'Alameda, trois à Chiluca et deux à la station Madin. Chaque groupe se compose d'un alternateur biphasé Westinghouse d'une capacité de 225 kilowatts sous 440 volts, tournant à raison de 430 révolutions par minute, actionné directement au moyen de l'accouplement Raffard par une turbine Piccard et Pictet. Chaque station comprend en outre deux groupes d'excitation constitués par des génératrices Westinghouse à courant continu couplées directement à des roues Pelton. Une seule excitatrice suffit pour alimenter tous les alternateurs d'une station travaillant à pleine charge. La tension du courant d'exci-

tation est de 125 volts et la dépense pour chaque alternateur n'excède pas 2 p. 100 de sa puissance maxima.

Les transformateurs, au nombre de 22 en tout, ont chacun une capacité de 225 kilowatts et servent à transformer les courants biphasés, engendrés à une tension de 440 volts, en triphasés à 22 000 volts pour les lignes de transmission.

Les stations situées le long d'une rivière communiquent entre elles au moyen d'un double circuit de transmission, de même que les stations alimentées par l'autre rivière. Les

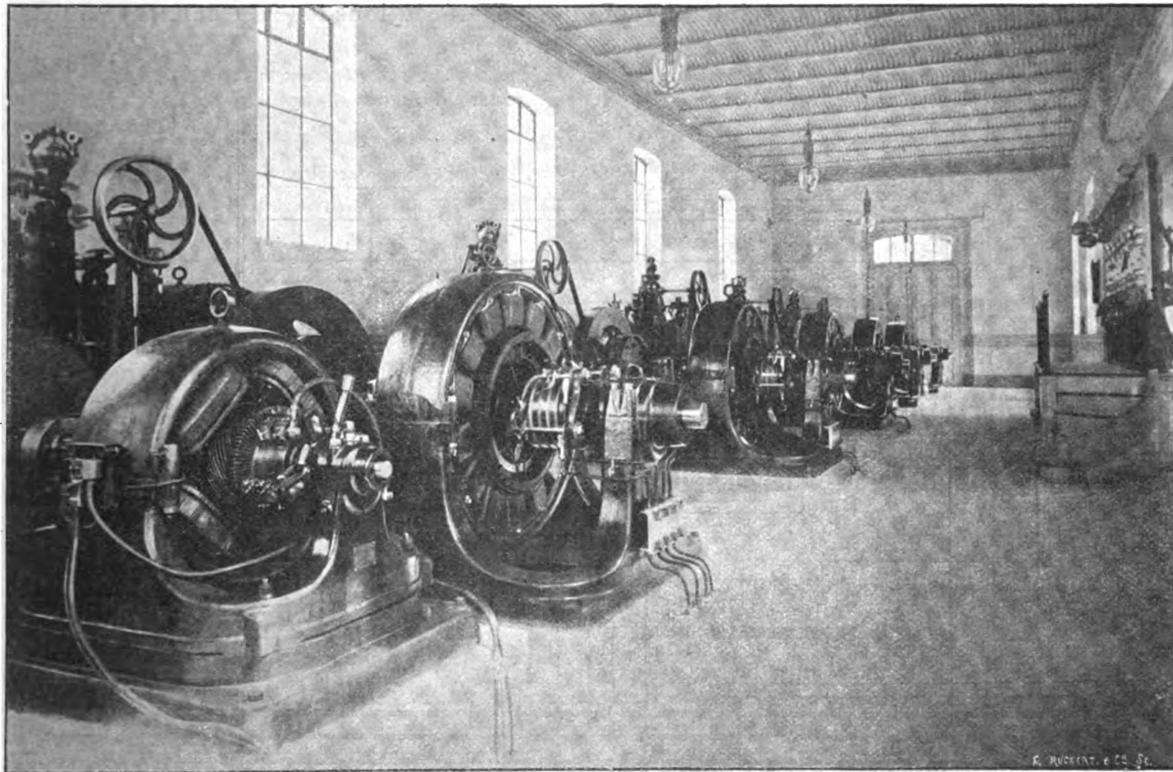


Fig. 4. — Vue des cinq groupes électrogènes de la station de Villada.

quatre lignes de transport de force aboutissent à l'usine de Madin, d'où part un circuit double, qui va directement à La Veronica. Grâce à cet arrangement chaque générateur d'une station quelconque peut alimenter n'importe quelle ligne de transmission, ou bien les deux circuits à la fois. Pour assurer ce service il a fallu nécessairement des tableaux de distribution très complets et comprenant des appareils qui ne sont pas d'usage courant.

Le tableau principal de chaque station génératrice se compose de plusieurs panneaux identiques, dont le nombre varie suivant celui des génératrices installées. Les panneaux en marbre blanc sont montés dans un châssis en fer cornière, supporté à une hauteur convenable par des pieds solides en fonte.

Le panneau d'excitation porte les instruments et appareils nécessaires pour le réglage et la manœuvre de deux excitatrices de 15 kilowatts chacune, à savoir : deux ampèremètres, deux voltmètres, deux rhéostats de champ, et deux interrupteurs qui relient les machines directement à la barre omnibus de l'excitateur. Chaque panneau de génératrice comprend

deux ampèremètres, (un par phase), un ampèremètre de champ, deux rhéostats de champ, un interrupteur tripolaire à rupture brusque, un voltmètre avec commutateur spécial, et une lampe pilote. Les voltmètres du circuit principal des alternateurs sont portés par des bras et se trouvent ainsi en dehors du tableau.

Les alternateurs sont protégés par des fusibles bien que ce procédé ne soit pas à recommander et se trouve en désaccord avec la pratique courante; aussi ne les a-t-on mis qu'à la demande expresse de la compagnie exploitante. En réalité les alternateurs Westinghouse qui sont à forte réaction d'induit peuvent supporter sans le moindre danger une surcharge très considérable. Lorsqu'on met précipitamment ou sans précautions les alternateurs en paral-

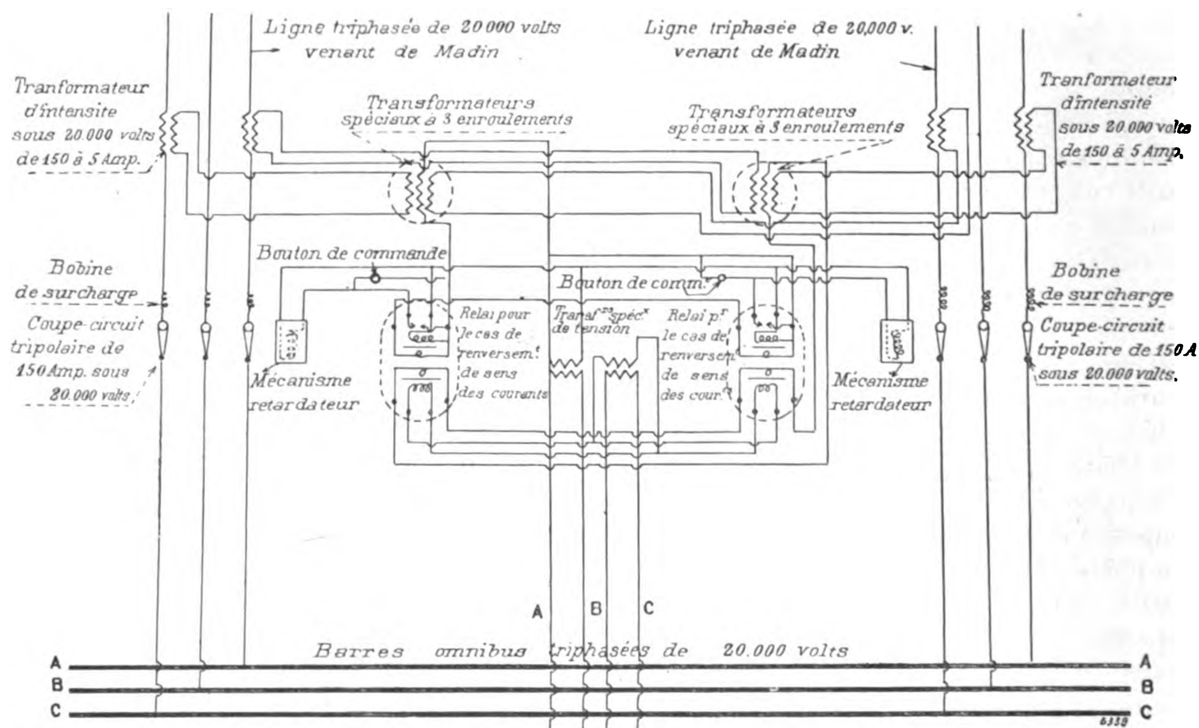


Fig. 5. — Disjoncteurs automatiques de la station collectrice de la Veronica.

lèle, il se produit toujours un échange de courants entre les deux machines, si elles ne sont pas à peu près en phase au moment du couplage. Ces courants deviennent souvent assez intenses pour fondre les fusibles avant que les machines ne se mettent au synchronisme, ce qui arriverait normalement après quelques oscillations. Le couplage précipité ne peut avoir lieu qu'en cas d'accident, et dans ces conditions le fusible ne fera qu'augmenter sa gravité. De plus la rupture du circuit de l'induit d'un alternateur Westinghouse au moment d'une forte surcharge peut faire beaucoup plus de tort à la machine que la surcharge elle-même.

Le panneau de charge porte deux wattmètres indicateurs, qui donnent le débit total de la station. Chacun d'eux est inséré dans une phase sur les barres omnibus 440 volts, entre les bornes des machines et celles des primaires des transformateurs. Leurs bobines en série sont commandées par l'intermédiaire de petits transformateurs réduisant le courant de 1 500 à 5 ampères. Les bobines en dérivation sont intercalées directement entre les barres collectrices. Ces wattmètres servent à contrôler le facteur de puissances de la station, en com-

parant leurs indications avec les volts-ampères donnés par l'ampèremètre et le voltmètre. On règle le courant d'excitation des génératrices suivant la charge pour maintenir le facteur de puissance aussi près de l'unité que possible.

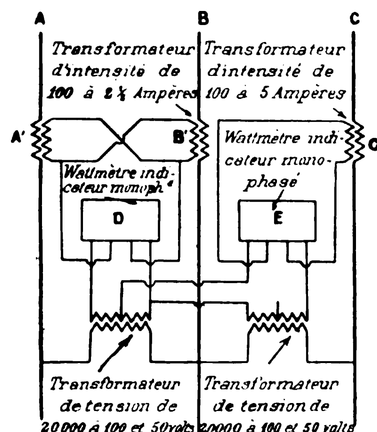
Le panneau des transformateurs porte deux interrupteurs tétrapolaires à rupture brusque, un par groupe de tranformateurs, qui élèvent la tension de 440 à 22 000 volts. Chaque interrupteur a une capacité de 600 ampères. Le panneau comprend en outre un voltmètre et un synchroniseur. Ce dernier est nécessaire, parce que la station comme un tout doit être mise en concordance de phase avec le circuit de la ligne de transmission, qui peut être déjà alimentée par une ou plusieurs autres stations. Si à la station donnée aucun générateur n'est en marche, les secondaires des transformateurs peuvent être reliés au moyen des interrupteurs à haute tension avec le circuit de transmission de 22 000 volts. En fermant les interrupteurs tétrapolaires on met les secondaires des transformateurs, qui travaillent alors comme réducteurs de tension, sur les barres omnibus de 440 volts. Les machines sont ensuite mises en mouvement et synchronisées chacune à son tour avec la barre collectrice avant qu'on ne les relie au réseau. Lorsque les machines sont déjà en marche au moment où il faut les mettre sur le circuit de transmission, on ferme les interrupteurs à haute tension d'un groupe de transformateurs, l'interrupteur tétrapolaire restant ouvert. Il suffit alors de mettre en phase les deux circuits dont un aboutit aux contacts internes de l'interrupteur et l'autre aux externes. La synchronisation se fait comme d'habitude. On règle la tension de la barre omnibus des génératrices au moyen du rhéostat de champ des excitatrices qui les commande toutes à la fois. Le tableau porte encore des lampes pilotes, des indicateurs de terre et des parafoudres. Ces derniers sont connectés aux barres omnibus triphasées à haute tension entre les interrupteurs du côté des transformateurs et ceux qui commandent les feeders du circuit de transmission. Les stations intermédiaires telles que Chiluca ont des panneaux supplémentaires, par lesquels passent les deux lignes de transmission. Des ampèremétres sont intercalés dans chaque ligne pour que le surveillant puisse voir en un coup d'œil la charge mise sur chacune des lignes par les autres stations et choisir pour sa partie de la charge le circuit qui convient le mieux afin d'éviter, autant que possible, la répartition inégale entre les deux lignes. Les ampèremètres sont commandés par l'intermédiaire des transformateurs-réducteurs et protégés de chaque côté par des coupe-circuits à haute tension. Ainsi le surveillant à Chiluca a son tableau arrangé de telle manière qu'il puisse diviser le courant venant de la station d'Alameda, qui se trouve plus haut, entre les deux lignes de transmission, le mettre sur une seule ou bien l'arrêter.

Les interrupteurs à haute tension sont du type dit « à fusible ». Ils sont de construction très simple et à rupture excessivement longue. L'interrupteur se compose essentiellement de deux tiges en bois dur de longueur inégale. La plus courte, qui est évidée, est articulée au milieu de la tige longue de sorte que leurs bouts supérieurs sont au même niveau. Chaque tige est munie, à son extrémité supérieure, d'un manchon en cuivre et d'un cylindre creux en charbon, qui forment pratiquement les contacts de l'interrupteur. Tout l'appareil peut être facilement détaché du panneau qui porte deux contacts élastiques en fourche dont la distance correspond à la hauteur entre la charnière et le contact supérieur de la tige longue, munie en ces deux points de lames qui s'engagent dans les fourches du panneau. Un fil d'aluminium long de 12 cm qui forme le fusible, est tendu entre les charbons creux.

Pour remplacer le fil, on détache l'appareil du panneau, on introduit le fusible dans le cylindre creux de la tige courte et on le fixe au manchon en cuivre à l'aide d'un écrou et d'une rondelle ; on passe ensuite le fil dans le charbon creux formant le contact de la tige longue et on approche le bras articulé en forçant la résistance d'un ressort à lame qui tend

à l'écarter jusqu'à ce que le fil ait la longueur voulue. On le fixe alors au moyen d'une pince spéciale. Cette pince est arrangée de manière à pouvoir être ouverte à l'aide d'une longue corde qui y est attachée, de sorte que l'appareil peut fonctionner comme interrupteur ordinaire et comme coupe-circuit automatique. Lorsque la longue tige est replacée sur le panneau, le contact, à l'endroit de la charnière, est relié à l'extrémité supérieure du bras articulé à l'aide d'un conducteur flexible qui traverse la tige évidée. Les interrupteurs sont séparés entre eux par des écrans en bois recouvert d'asbeste.

Le tableau principal, dans toutes les stations, est semblable à celui de Chiluca qui vient d'être décrit. A Madin, il y a cependant des dispositifs supplémentaires, parce que les deux lignes doubles de transmission venant des autres stations génératrices y aboutissent et sont connectées de manière à pouvoir alimenter, séparément ou ensemble, les deux circuits de transport de force qui vont directement de Madin à la sous-station collectrice de La Veronica. Il y faut évidemment des appareils de synchronisation qui sont de forme usuelle et identiques à ceux employés pour le couplage des alternateurs. Une série de wattmètres est insérée dans chaque circuit pour qu'on puisse voir la valeur et la répartition de la charge entre les différents conducteurs.



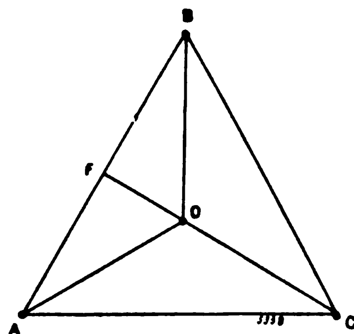


Fig. 6. — Connexions de 2 wattmètres monophasés pour mesurer la puissance réelle d'un circuit.

Tous les wattmètres, aussi bien les indicateurs que les totalisateurs, dont on fait usage dans ces installations, sont monophasés. La figure 6 montre l'arrangement des connexions de 2 wattmètres indicateurs monophasés pour qu'ils mesurent la puissance réelle du circuit triphasé. On voit que les bobines en série sont commandées par des transformateurs d'intensité dans les rapports de 100 à 2,5 et de 100 à 5 ampères. Les bobines en dérivation sont insérées dans les secondaires des transformateurs de tension, qui l'abaissent de 20 000 à 100, et de 20 000 à 50 volts. Les deux wattmètres monophasés, couplés comme l'indique la figure 6, vont indiquer chacun la moitié de la puissance totale du circuit triphasé, si les phases sont également chargées; sinon, la somme de deux lectures donnera la puissance totale réellement dépensée. On peut le prouver facilement par la théorie des vecteurs. Soit (fig. 6) OA, OB et OC respectivement les courants dans les conducteurs A, B et C. Considérons d'abord le wattmètre D. Le courant qui passe par cet instrument est réduit à l'aide des transformateurs A' et B', dont les secondaires sont couplés en parallèle. Ce courant sera donc représenté par AB, qui est la résultante de OA et OB. La bobine en dérivation du wattmètre D est commandée par le secondaire d'un transformateur de tension dont le primaire est dérivé entre les conducteurs A et B. Il en résulte que la force électromotrice qu'il développe est en phase avec le courant AB. Quant au wattmètre E, le courant qui le traverse provient d'un seul transformateur d'intensité C, de sorte que ce courant est proportionnel et en phase avec OC. Sa bobine de tension est en dérivation par l'intermédiaire d'un transformateur de voltage sur les conducteurs B et C et la moitié du circuit secondaire du premier transformateur, qui se trouve entre A et B. Si l'on suppose que la charge

est non inductive, la force électromotrice sera en phase avec le courant OC et sera représentée par le vecteur CF. Connaissant les relations exactes entre les phases et les proportions entre les valeurs des courants dans les bobines en série et en dérivation de 2 wattmètres, nous pouvons prendre un exemple numérique. On sait que le rapport de réduction des transformateurs est de 200 à 1 pour la tension et de 20 à 1 pour l'intensité. (Il est de 40 à 1 dans le cas des conducteurs A et B, mais ça revient au même, parce que les deux secondaires sont alors couplés en parallèle.) Soit 100 ampères le courant et 20 000 volts la tension par phase. La puissance totale de la ligne triphasée sera $100 \times 20\,000 \times \sqrt{3} = 3\,464$ kilowatts. Considérons d'abord le wattmètre D. Le courant qui le traverse est réduit par les deux transformateurs A et B, dont les secondaires sont en parallèle. Il sera, par conséquent, en tenant compte de la différence de phase entre A et B :

$$(2,5 + 2,5) \cos 30^\circ = 4,33 \text{ ampères.}$$

Il en résulte que la puissance qui passe par le wattmètre sera : $4,33 \times 100 = 433$ watts, et la puissance réelle, en tenant compte des rapports de transformation : $4,33 \times 100 \times 20 \times 200 = 1\,732$ kilowatts, c'est-à-dire la moitié de la puissance totale du circuit triphasé.

De même pour le wattmètre E : le courant provenant d'un seul transformateur, qui passe par la bobine en série, a une intensité de 5 ampères. D'autre part, la bobine de tension est commandée par deux transformateurs et le voltage, comme nous l'avons vu précédemment, est représenté par le vecteur CF. Or, CB vaut 100 volts et, par conséquent, CF sera égal à $100 \times \cos 30^\circ = 86,6$ volts. Il s'en suit que la puissance mesurée par le wattmètre E sera : $5 \times 86,6 = 433$ watts, c'est-à-dire la même que celle du wattmètre D. En faisant intervenir les rapports de réduction, le wattmètre E indiquera : $(5 \times 20) \times (86,6 \times 200) = 1\,732$ kilowatts, ce qui est bien la moitié de la puissance totale du circuit.

Toutes les lignes de transmission sont à conducteurs aériens. On a employé des poteaux métalliques tubulaires de 9 m de hauteur, composés de trois tronçons ayant respectivement 37,5, 50 et 62,5 cm de diamètre, pour les quatre lignes triphasées entre la station de Madin et celles situées le long des fleuves Monte-Alto et Tlalnepantla. Les poteaux sont écartés de 40 m et fixés directement dans le sol, à l'exception de ceux qui se trouvent dans les endroits humides, où on leur a donné des soubassements en ciment hydraulique. Chaque file de poteaux supporte six conducteurs de deux lignes triphasées. Les isolateurs, qui sont du type à triple cloche, ont été essayés à la tension de 40 000 volts avant la mise en place. Ils sont fixés sur des traverses en bois au moyen de chevilles en eucalyptus imprégné de paraffine. On décida d'abord d'établir de la même manière les deux lignes de transmission principales entre Madin et Mexico, mais à cause des troubles occasionnés par la rupture des isolateurs par malveillance, on a dû séparer les deux circuits en leur faisant suivre deux chemins différents. Les nouveaux poteaux qu'on a été ainsi obligé de construire sont en sapin rouge du Texas de section carrée. L'isolation est assurée de la même manière que sur les autres lignes ; elle est cependant plus efficace et l'expérience a montré que la dérivation du courant est très faible si, par suite d'une rupture accidentelle d'un isolateur, le conducteur tombe sur la traverse du poteau. Cette nouvelle ligne a 16 km de longueur, tandis que l'ancienne n'en a que 14. Comme le fonctionnement correct du disjoncteur automatique, pour le cas de renversement du courant, qui se trouve à la sous-station de La Veronica, dépend de l'égalité de résistance des deux lignes, on a dû employer pour la nouvelle des conducteurs de section plus forte.

Ces disjoncteurs pour la tension de 20 000 volts ont chacun une capacité de 150 ampères. Ils sont intercalés à l'entrée de la station de La Veronica dans chaque circuit triphasé. Un

disjoncteur se compose de trois interrupteurs unipolaires montés sur des panneaux en marbre et séparés par des écrans en même matière pour empêcher que l'arc de rupture ne se communique d'un pôle à l'autre. Les trois parties sont mécaniquement solidaires, de sorte que la fermeture se produit simultanément sur les trois phases par une seule manœuvre. L'ouverture ne se fait pas à la main, mais à l'aide d'un mécanisme de déclenchement commandé électriquement en poussant simplement sur un bouton. Le disjoncteur se déclenche automatiquement si dans le circuit correspondant le sens de transmission de l'énergie est renversé. Il est muni également d'un dispositif à relais qui retarde son fonctionnement aussi bien dans le cas d'une surcharge que dans celui de renversement de sens. Le relais est réglable et l'intervalle de temps, entre le moment où un dérangement arrive sur la ligne et le déclenchement du disjoncteur, peut varier de une à dix secondes. Si le dérangement cesse avant que le disjoncteur n'ait fonctionné, le relais revient automatiquement à sa position initiale.

Le dispositif qui intervient dans le cas de renversement de sens est constitué par un wattmètre polyphasé, dans lequel l'équipage indicateur est remplacé par un contact faisant partie d'un circuit local qui commande la bobine de déclenchement du disjoncteur. Ce contact reste ouvert aussi longtemps que le transport d'énergie a lieu dans la direction normale; mais il ferme le circuit local aussitôt que le sens est renversé. Comme les deux lignes de transport de force travaillent en parallèle, un dispositif de ce genre est nécessaire pour empêcher que tout le système ne souffre lorsqu'un court-circuit arrive sur une ligne. Mais cela ne suffit pas. Si, en effet, la surchage ou les courants inverses sont très forts, il en résultera une chute de tension très sensible qui, dans certains cas, peut être suffisante pour rendre impossible le fonctionnement du wattmètre-relais. Pour assurer son entrée en action dans tous les cas, on a intercalé des transformateurs spéciaux entre les wattmètres et les conducteurs à haute tension. Les transformateurs de tension sont insérés entre les transformateurs-réducteurs ordinaires, qui abaissent le voltage de 20 000 à 100 volts, et les bobines en tension du wattmètre-relais. Ils sont calculés de telle manière qu'une chute de voltage dans leurs primaires n'affecte pas la tension secondaire qui reste pratiquement constante dans des limites suffisamment larges. Les bobines en série sont commandées, outre les réducteurs ordinaires, par des transformateurs d'intensité spéciaux à trois enroulements ; deux pour le primaire et un pour le secondaire. Chaque enroulement primaire est en série avec les conducteurs correspondants de la ligne de transmission. Le secondaire qui est relié directement au wattmètre est arrangé de telle sorte qu'il n'y ait pas de courant, lorsque les deux primaires sont en phase. Il en résulte qu'aucun courant ne traverse le relais jusqu'à ce que le sens ne soit réellement renversé sur une ligne. Il faut encore remarquer que le fonctionnement du relais est affecté par l'écart de phase entre le courant et la tension. Pour maintenir cette différence de phase aussi constante que possible, on a inséré en dérivation le long de la ligne de transmission des transformateurs spéciaux, dont le courant secondaire est en avance sur le primaire, d'autant plus que la chute de tension primaire, due à la surcharge de la ligne, est plus forte.

A la station collectrice de La Veronica, des transformateurs statiques réduisent la tension de 20 000 à 2 600 volts, qui est le voltage du réseau de distribution dans la ville de Mexico.

Afin de suppléer aux insuffisances de force à l'époque de sécheresse, qui dure cent jours par an, on a dû installer un groupe électrogène auxiliaire. Ce groupe est constitué par un alternateur triphasé Westinghouse à inducteur tournant, ayant une capacité de 375 kilowatts sous 2 600 volts, couplé directement, au moyen d'un joint flexible, à une machine à vapeur

de 500 chevaux faisant 177 tours par minute. La pression de la vapeur est de 10 kg. Enfin l'installation est complétée par une batterie d'accumulateurs que l'on charge à l'aide d'une commutatrice, alimentée par le circuit principal, au moyen des transformateurs-réducteurs.

Durant les heures de forte demande, la batterie se décharge dans le convertisseur qui engendre alors du courant triphasé que l'on envoie sur la ligne. Un moteur d'induction sert pour le démarrage de la commutatrice, qui est à excitation indépendante, pour faciliter le réglage de la tension, lorsque le convertisseur débite du courant alternatif.

Le réseau de distribution est aérien dans les faubourgs et souterrain dans les parties centrales de la ville. La canalisation souterraine longue de 48 km est alimentée au moyen de sept feeders indépendants : quatre pour la distribution de force motrice et trois pour l'éclairage. Les postes de transformateurs, dont plusieurs sont installés dans les rues de la ville, réduisent la tension de 2 600 à 240 volts. Le circuit d'utilisation, qui est triphasé, est à quatre conducteurs pour les moteurs et à trois pour l'éclairage, pour lequel on emploie des lampes à courant alternatif simple. Au centre de la ville trois postes reliés à un seul feeder sont spécialement affectés à l'alimentation des grands moteurs dans le but de mettre le réseau d'éclairage à l'abri des fluctuations produites par la mise en marche et l'arrêt de moteurs développant plus de 5 chevaux. Tous les câbles souterrains sont armés et posés directement dans le sol.

Le prix de l'énergie électrique pour l'éclairage varie suivant l'importance de la consommation et revient en moyenne à 70 centimes le kilowatt : heure. Pour la force motrice le tarif est plus bas. Le réseau alimente un grand nombre de moteurs dont plusieurs de plus de 75 chevaux. La demande de l'énergie électrique pour l'éclairage et pour la force motrice croît rapidement et l'on prévoit que bientôt les installations existantes ne suffiront plus.

F. Bratman.

PRODUCTION

DES RAYONS CATHODIQUES PAR LES RAYONS ULTRA-VIOLETS (1)

Les rayons ultraviolets en frappant un conducteur qui possède une charge négative provoquent la déperdition rapide de cette charge. Ce phénomène, découvert par Hertz, a été l'objet de nombreuses recherches : mais on s'est jusqu'ici borné à déterminer les trajectoires décrites par les charges, sans se préoccuper du mécanisme même de la décharge.

Les véhicules de l'électricité ainsi transportée ne sauraient être les particules matérielles. Car, en prenant comme électrodes une surface d'amalgame de sodium et recevant les charges sur un fil de platine, on arriverait au bout d'un certain temps à recueillir sur ce fil une quantité de sodium suffisante pour que, porté dans la flamme, il donnât la réaction spectrale de ce métal. Or on ne constate aucune trace de réaction.

La décharge provoquée par les rayons ultraviolets est rigoureusement unipolaire. D'autre

(1) Lenard, *Dr. Ann.* t. II, p; 359-375. *Écl, Él.*, t. XXV, p. 283, t. VIII. p. 149-199.
Merritt et Stewart, *Phys, Rev.*, t. XI, 230-231.
J. J. Thomson. *Ph. Mag.*, t. XLVIII, p. 547-567, *Écl. Él.*, t. XXIII, p. 383, juin, 1900.

part, Righi a trouvé qu'elle augmente d'abord quand on raréfie l'air de plus en plus, passe par un maximum et décroît ensuite.

Ces circonstances ont suggéré à Lenard l'idée que la déperdition se fait sous forme de rayons cathodiques. De leur côté, deux physiciens américains, MM. E. Merritt et O. M. Stewart, guidés par la même idée, ont démontré que les trajectoires des charges sont déviées par le champ magnétique et provoquent l'ionisation des gaz qu'elles traversent. Lenard a fait une étude expérimentale complète du phénomène et vérifié que les rayons de décharges possèdent non seulement les deux propriétés fondamentales des rayons cathodiques, mais toutes les autres; les deux phénomènes sont identiques.

I. — Expériences dans le vide extrême

1. *Appareil.* — Le récipient dans lequel on fait le vide contient deux électrodes identiques U et E (fig. 1), en aluminium, elles ont la forme de disques circulaires de 1,5 cm de diamètre et elles sont parallèles. La première U reçoit les rayons ultraviolets provenant de la source L qui pénètrent dans le récipient par la lame de quartz B; elle est reliée à un électroscope à feuilles, et on lui communique une charge positive ou négative, ou bien encore on la laisse à l'état neutre. La deuxième électrode E est constamment reliée au sol. Un écran en clinquant W, relié au sol, empêche les rayons ultraviolets de tomber ailleurs que sur la cathode U. [1]

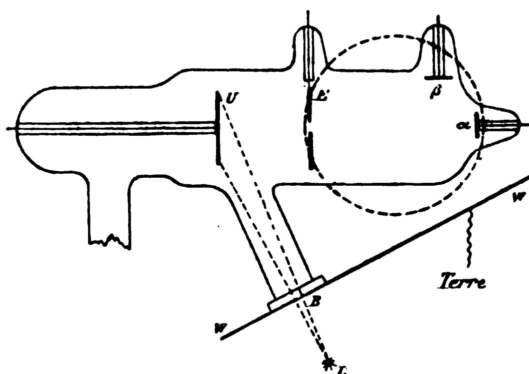


Fig. 1. — Appareil de Lenard pour expériences dans le vide extrême sur les propriétés des rayons ultraviolets.

On fait le vide dans le récipient en le chauffant et en y faisant passer les décharges d'une bobine d'induction, jusqu'à ce qu'elles refusent de le traverser.

2. *Expériences et résultats.* — L'électrode U possède une charge négative. Dès qu'elle reçoit les rayons ultraviolets, les feuilles de l'électroscope retombent rapidement, même si l'électrode est reliée à une bouteille de Leyde de moyenne capacité. Une charge positive, au contraire, ne se perd qu'avec une extrême lenteur.

Si l'électrode est primitivement à l'état neutre, elle acquiert, sous l'influence de l'irradiation, une charge positive; son potentiel s'élève de 2,1 volts au-dessus de celui du sol (écran W et cage de l'électroscope).

En intercalant une lame de mica entre la source de lumière et l'électrode, on supprime tous ces phénomènes.

On reconnaît là tous les phénomènes qui se produisent dans l'air raréfié, à cela près qu'ils sont plus intenses. L'air ne joue donc aucun rôle essentiel.

Dans ces expériences, l'électricité se manifeste dans le vide extrême, mais exclusivement sous forme d'électricité négative : c'est aussi ce qu'on observe dans les rayons cathodiques ordinaires. Les rayons cathodiques doivent être considérés comme formés par des *masses électriques élémentaires*, en mouvement.

3. *Intensité de la déperdition.* — Dans de très larges limites, l'intensité de la déperdition

[1] Dans les premières expériences, l'ouverture dans la cathode E et les électrodes auxiliaires α et β n'existent pas.

c'est-à-dire la quantité d'électricité perdue pendant l'unité de temps), est indépendante de la différence de potentiel entre la cathode irradiée et l'enceinte. Cependant au-dessous de 100 volts, l'intensité décroît nettement en même temps que cette différence de potentiel.

L'intensité n'est constante que si la pression est voisine de zéro. A la pression de 0,002 mm et plus encore à une pression plus élevée, elle croît nettement en même temps que la différence de potentiel.

4. *Trajectoire des charges.* — D'après Righi, ces trajectoires, confondues d'abord avec les lignes de force, tendent de plus en plus à devenir rectilignes quand la raréfaction augmente. Reste à savoir si, dans le vide extrême, il se forme encore des rayons directs de direction définie. Pour le connaître, Lenard se sert des électrodes auxiliaires α et β, en pratiquant une ouverture dans l'électrode E. L'électrode α seule reçoit une charge : les masses élémentaires se déplacent donc suivant des rayons qui traversent l'ouverture de E.

5. *Déviation par le champ magnétique.* — Ces rayons sont déviés par le champ magnétique; on s'en assure en mesurant les charges reçues par les électrodes α et β, pour diverses intensités du champ déviant.

On sait que, connaissant l'intensité du champ déviant, la différence de potentiel sous laquelle se produit la décharge et le rayon de courbure qu'affectent les trajectoires, on calcule le rapport $\frac{\varepsilon}{\mu}$ de la charge électrique à sa masse. Lenard a trouvé pour ce rapport des valeurs différentes de celles que lui avaient données des rayons cathodiques ordinaires. On ne peut décider encore si $\frac{\varepsilon}{\mu}$ est indépendant ou non de la nature des rayons.

6. *Direction d'émission.* — L'émission ne se fait pas exclusivement suivant les directions normales à la surface de la cathode irradiée, ainsi qu'il arrive dans un tube ordinaire à décharges : l'émission est diffuse. L'existence d'une vitesse initiale est liée à celle de cette diffusion. Par l'action d'un champ magnétique intense, on peut étouffer complètement le rayonnement. Les trajectoires se courbent tellement qu'elles reviennent sur la cathode avant d'avoir rencontré un conducteur extérieur. On obtient le même résultat en portant l'électrode U à un potentiel supérieur de 2,1 volts à celui de l'enceinte. On déduit de là pour la vitesse initiale $v_0 = 10^8 \frac{\text{cm}}{\text{sec}}$ environ.

II. — Expériences dans le vide ordinaire

Dans ces expériences, le vide n'est pas poussé aussi loin que dans les précédentes : on ne s'astreint pas à enlever les dernières traces de gaz adhérentes aux électrodes et aux parois, ni à supprimer les mastiquages et les rodages graissés.

1. *Appareil.* — L'appareil présente une disposition un peu différente de celle qui a été décrite ci-dessus.

L'électrode irradiée U (fig. 2) est en aluminium recouvert de noir de fumée (diamètre 3,4 cm). L'autre électrode E, de mêmes dimensions, est aussi recouverte de noir de fumée; le bord en est rabattu (fig. 2 *a*), de manière que les rayons ultraviolets puissent atteindre l'électrode U sans le toucher. Pour les distances UE inférieures à 10 cm, on emploie l'électrode E_1 munie d'un ajutage conique *r* (fig. 2 *b*).

2. *Marche des expériences.* — L'électrode dont on veut déterminer la variation de charge, soit U, soit E, est reliée à un électromètre à quadrants.

Tout d'abord, cette électrode, la cage de l'électromètre et l'écran de clinquant WW sont au même potentiel. Au moment de l'observation, on supprime le contact à ressort qui fait

la communication entre l'électrode et la cage, et on établit entre les deux électrodes, au moyen d'accumulateurs, une différence de potentiel susceptible d'être mesurée. Pour éviter de trop grandes déviations de l'électromètre, on y relie une capacité assez grande. La précision est réduite, mais encore suffisante, car elle est limitée surtout par l'inconstance de la source lumineuse.

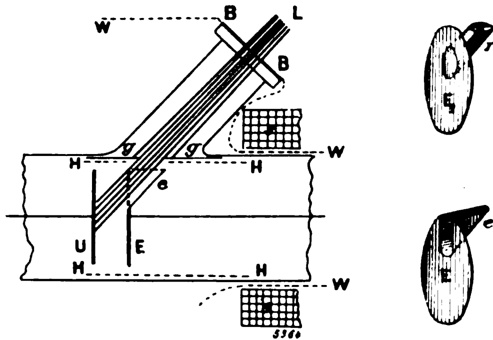


Fig. 2 (2*a* et 2*b*). — Appareil de Lenard pour expériences dans le vide ordinaire sur les propriétés des rayons ultra-violets.

Intensité de la déperdition. — L'intensité de la déperdition (quantité d'électricité perdue pendant l'unité de temps) est proportionnelle à l'intensité des rayons ultraviolets [1].

3. *Influence du champ extérieur.* — Nous conviendrons d'appeler champ positif celui qui correspond à une différence de potentiel positive entre l'électrode irradiée U et l'enceinte; ce champ tend à entraîner l'électricité dans le sens opposé à celui où se fait la déperdition : champ négatif, celui qui est dirigé en sens contraire.

Suivant l'intensité du champ, on peut distinguer cinq phases dans le phénomène.

Phase I. — Le champ extérieur est positif, très grand en valeur absolue : toute l'électricité émanée de U sous l'action des rayons ultraviolets est ramenée sur l'électrode par le champ extérieur, avant d'avoir pu atteindre un quelconque des conducteurs environnants [2].

Phase II. — Le champ extérieur est positif, mais plus petit : l'électrode U perd sa charge d'une manière constante, mais l'électrode E n'en reçoit rien ; l'électricité perdue se rend sans doute sur les parois du verre.

Phase III. — Le champ extérieur positif devenant encore plus petit, les trajectoires des charges perdues par U commencent à atteindre E. La quantité d'électricité totale, mise en mouvement par les rayons ultraviolets, que, par définition, on désignera par l'unité : 1,00, se divise en trois portions : l'une E, aboutit à l'électrode E ; l'autre U-E se perd sur les parois du verre, et enfin la troisième 1-U revient sur U. La quantité E augmente de plus en plus à mesure que l'intensité du champ diminue.

Phase IV. — Le champ extérieur est négatif et favorise le déplacement des charges déperdues : il n'y a plus de perte sur les parois ; l'électrode E reçoit toutes les charges qui ne reviennent pas sur U.

Phase V. — Le champ extérieur est négatif et assez grand en valeur absolue pour qu'aucune charge ne revienne plus sur U, mais que toutes atteignent E.

4. *Pertes latérales.* — Les pertes latérales diminuent quand on accroît la surface des électrodes U et E, ou qu'on diminue leur écartement. On peut encore les réduire en établissant un champ magnétique normal aux deux électrodes. Ce champ modifie seulement la composante tangentielle des trajectoires, sans altérer les composantes normales.

---

(1) D'après les expériences de Schuster et Hemsalech, la durée d'émission d'une ligne spectrale du zinc est environ $5 \cdot 10^{-6}$ sec. Elle devait être plutôt plus courte dans les conditions où opérait Lenard : les étincelles se succédaient à des intervalles de 0,0062 sec. Par suite, l'intensité de la source pendant la durée de l'émission était quelque 1 300 fois plus grande que l'intensité moyenne. Même en employant comme source un arc entre charbons, Lenard n'a constaté aucune trace d'oscillation dans l'intensité.

(2) En réalité, l'action sur l'électromètre n'est pas rigoureusement nulle, à cause de la lumière diffusée de U vers E.

Il est possible du reste de mesurer ces pertes latérales en recueillant les charges correspondantes sur une gaine métallique qui recouvre le verre entre les deux électrodes, et de déduire de leur valeur la composante tangentielle des vitesses initiales.

5. *Disparition de l'effet photo-électrique.* — Contrairement à ce qui se passe dans l'air à la pression ordinaire, la circonstance essentielle qui provoque la disparition du phénomène photo-électrique est la différence de potentiel entre l'électrode irradiée et l'enceinte.

6. *Vitesse initiale, rayons réfléchis.* — Supposons que les pertes latérales soient supprimées : les quantités U et E deviennent égales. On peut les représenter en fonction du champ extérieur par une courbe. La forme de cette courbe permet de se faire une idée de la répartition des vitesses initiales entre les différents ordres de grandeur, à la condition toutefois de tenir compte des rayons réfléchis sur la surface de l'électrode U qui agissent sur E.

Lorsque le champ extérieur est positif et très grand, l'électrode E ne reçoit rien des charges perdues par l'électrode U, tandis que toutes les charges perdues par E sous l'action de la lumière réfléchie parviennent à U.

Dans ces conditions, la quantité que nous avons appelée U représente le pouvoir réflecteur α pour les rayons ultraviolets du noir de fumée qui recouvre la surface de l'électrode. En fait, la valeur de U mesurée dans ce cas ne dépend pas de l'intensité totale des rayons ultraviolets, mais varie avec la nature de la source et aussi avec la nature de la surface de l'électrode.

Quand on a déterminé α, on peut construire une courbe qui représente en fonction de la différence de potentiel X, la déperdition U de l'électrode irradiée, débarrassée de l'influence de la réflexion : soit Y (X) cette fonction.

7. *Répartition des vitesses hors de la surface de l'électrode.* — Comme les composantes des vitesses normales à la surface de l'électrode sont les seules qui interviennent, il suffit de considérer ces composantes. Soit P la valeur absolue de la différence de potentiel correspondant à un champ positif. La fonction Y (—P) représente la fraction du rayonnement total qui est animé d'une vitesse initiale supérieure à celle que peut annihiler le champ P (voir ci-dessus, phase III). Réciproquement cette vitesse limite est aussi celle que produirait le champ P.

Lenard n'a guère constaté, dans ses expériences, de vitesse supérieure à celle qui correspond à 2 volts : les vitesses inférieures se trouvent en proportion rapidement croissante.

Puisque les charges rayonnées de U vers E et de E vers U s'ajoutent algébriquement, il faut en conclure que les deux rayonnements cathodiques se propagent en sens contraire dans le même espace sans se troubler.

Les vitesses initiales sont indépendantes de l'intensité totale des rayons ultra-violets. La direction de polarisation ne paraît pas avoir non plus d'influence marquée. Mais la nature des rayons exerce une action notable : un arc à pôles de zinc donne une moins grande proportion de grandes vitesses initiales qu'un arc à pôles de charbon : l'étincelle donne une répartition intermédiaire.

Lorsque le champ est négatif, c'est son intensité qui définit l'effet photo-électrique, tandis que dans un champ positif, c'est la différence de potentiel totale entre les électrodes U et E qui intervient.

8. *Champ non uniforme.* — Si le champ n'est pas uniforme, l'effet est d'autant plus petit que le champ est plus faible au voisinage de l'électrode U (1).

(1) A proprement parler, ces conclusions ne se rapportent qu'aux composantes des vitesses normales à la surface

****

9. *Existence d'une force antagoniste au voisinage de la surface.* — L'effet d'une force extérieure accélératrice (c'est-à-dire tendant à favoriser la déperdition) peut s'expliquer par l'existence d'une force antagoniste, de nature spéciale, agissant seulement jusqu'à une très petite distance de la surface irradiée. L'existence d'une telle force est confirmée encore par ce fait qu'un corps électrisé négativement ne perd pas sa charge dans le vide, quoique son propre champ tende à provoquer cette déperdition. En traversant la région où cette force s'exerce, les masses élémentaires parties de l'électrode éprouvent une perte de vitesse Π. La vitesse qu'on peut mesurer est celle que possèdent ces masses après avoir traversé cette région : on l'appellera *vitesse extérieure*; cette vitesse, augmentée de Π, sera la vitesse *intérieure*. On peut aussi définir une fonction F (P) qui représente le nombre des masses élémentaires qui ont une vitesse intérieure supérieure à P; comme Y (—P) représente le nombre de ces masses qui ont une vitesse extérieure plus grande que P.

Les courbes qui représentent F (P) et Y (—P) en fonction du champ X se coupent en un point dont l'abscisse est $X = 0$. Les tangentes sont différentes en ce point. En effet, pour les valeurs de X positives (champ opposé à la déperdition), la valeur de Y dépend seulement de la répartition des vitesses. Pour les valeurs négatives de X, Y dépend aussi de la loi suivant laquelle la force retardatrice varie avec la distance.

Cette conséquence a été vérifiée par des expériences faites au voisinage de $X = 0$ (Lenard).

10. *Influence de la matière de l'électrode.* — Tout ce qui précède se rapporte à des électrodes en aluminium recouvertes de noir de fumée. L'allure générale des courbes obtenues avec des électrodes en aluminium poli et en platine est à peu près la même.

11. *Vitesses intérieures.* — D'après la forme des courbes Y (X), on est conduit à admettre que la plus grande partie des masses élémentaires, libérées par les rayons ultraviolets dans l'intérieur du conducteur possèdent une vitesse déterminée, relativement grande. Les vitesses inférieures ou supérieures à celle-là, si elles se produisent, n'existent que dans une très petite proportion qui tend rapidement vers o quand la vitesse considérée s'en écarte de plus en plus [1].

---

de l'électrode, or les autres composantes ne sont pas nulles. Les répartitions des vitesses extérieures auxquelles il est fait allusion ne se rapportent ni à l'existence d'une seule composante normale, ni à celle d'autres composantes suivant la loi que Maxwell a formulée dans sa théorie cinétique des gaz.

Les rugosités de la surface doivent influer sur les résultats de l'observation : quand il existe des vitesses tangentielles notables, les saillies de la surface peuvent arrêter une partie des charges. Mais cette circonstance ne modifie pas ce qui est relatif à la répartition des vitesses en général.

[1] Voici par quelle suite de raisonnements, on est conduit à cette conclusion.

Soit K (s) la fonction qui représente la force antagoniste en un point situé à la distance s de la surface, ρ une longueur très petite, de l'ordre de grandeur des distances moléculaires, σ la distance maxima à laquelle se fait sentir la force antagoniste

$$\Pi = \int_{\rho}^{\sigma} K\,ds = \int_{\rho}^{\infty} K\,ds.$$

Si $\frac{X}{S}$ est la valeur absolue du champ extérieur, la quantité d'électricité perdue est représentée par $F(\Pi + X)$, si le champ s'oppose à la déperdition. Si le champ agit dans le sens de la déperdition, il y aura encore un intervalle τ où, grâce à la force K, la force extérieure résultante sera antagoniste. La distance τ est visiblement une fonction de $\frac{X}{S}$: τ est toujours plus petit que σ et ne lui devient égal que si $X = 0$. Toutes les masses qui, parvenues à cette distance, ne seront pas revenues en U, seront perdues définitivement pour cette électrode : leur nombre est :

$$F\left[\int_{\rho}^{\tau}\left(K - \frac{X}{S}\right) ds\right] = F\left[\Phi\left(\frac{X}{S}\right)\right]$$

12. *Origine de la force antagoniste superficielle K.* — Pour expliquer l'origine de la force antagoniste superficielle K, trois hypothèses sont possibles : On peut l'attribuer, 1° aux couches doubles superficielles, 2° à une attraction spécifique entre les conducteurs et l'électricité, 3° à la force électrique s'exerçant entre les charges échappées de la surface et leur image électrique dans cette surface. Les deux premières ne sont guère plausibles, car on observerait une différence beaucoup plus grande entre les électrodes de diverses substances. La troisième force existe certainement et il est facile de voir qu'elle satisfait à la condition de devenir insensible à une très faible distance de la surface.

13° *Déviation des rayons de déperdition par le champ magnétique : expériences de E. Merritt et O. M. Stewart et de J.-J. Thomson.* — Lenard s'est borné à constater et à mesurer cette déviation sur les rayons obtenus dans le vide extrême. Mais en même temps que lui, dans des recherches indépendantes des siennes, E. Merritt et O.-M. Stewart d'une part, J.-J. Thomson d'autre part, effectuaient des expériences analogues dans le vide ordinaire. Les premiers se proposaient de vérifier que les rayons cathodiques de déperdition possè-

---

L'intégrale est une fonction de $\frac{X}{S}$ et la forme de cette fonction Φ dépend seulement de celle de la fonction K (s) ; d'ailleurs on a toujours

$$\Phi'\left(\frac{X}{S}\right) = \tau \qquad \Phi(o) = \Pi.$$

Par suite :

$$Y(-X) = F(\Pi + X)$$

$$Y(X) = F\left[\Phi\left(\frac{X}{S}\right)\right]$$

Le coefficient angulaire de la tangente est donc

$$\frac{dY}{dX} = -F'(\Pi + X) \text{ pour } X < o$$

$$\frac{dY}{dX} = F'\left[\Phi\left(\frac{X}{S}\right)\right] = F'\left(\frac{X}{S}\right)\frac{\tau}{S} \text{ pour } X > o$$

D'ailleurs :

$$Y(-o) = Y(+o) = F(\Pi).$$

Les deux courbes Y $(-X)$ et Y $(+X)$ se coupent donc au point d'abscisse $X = o$. Le rapport des coefficients angulaires des deux tangentes en ce point est $\frac{S}{\sigma}$. Si σ est très petit, vis-à-vis de la distance S des deux électrodes, la branche correspondant aux $X > o$ est presque horizontale au voisinage de $X = o$.

Les coefficients angulaires, dans la portion négative, donnent directement les valeurs de F pour toutes les vitesses intérieures plus grandes que Π. Pour les valeurs plus petites que Π, on peut encore déduire de la forme de la branche négative, l'allure de cette fonction F. Le coefficient angulaire est voisin de o pour $X = o$: il croît ensuite rapidement avec X, comme τ ne peut que décroître quand X croît, il faut que F′ aille en croissant. X croissant toujours, le coefficient angulaire tend vers o et atteint presque cette valeur pour $X = 10$ volts ou $\frac{X}{S} = 20 \frac{\text{volts}}{\text{cm}}$: Y est alors presque égal à 1. A ce moment ou bien τ est nul et F′ fini, ou bien τ est différent de o et F′ est nul. La première hypothèse n'est guère acceptable. Elle entraîne que l'intégrale Π soit très petite (0,1 volt) et que les très-petites vitesses initiales sont les plus nombreuses : la force K ne prendrait pas de valeurs supérieures à $20 \frac{\text{volts}}{\text{cm}}$, ce qui est contredit par l'expérience, puisqu'un champ de $\frac{45\,000 \text{ volts}}{3{,}6 \text{ cm}}$ ne provoque pas la déperdition de l'électricité négative dans le vide. Il faut donc s'arrêter à la deuxième hypothèse. Elle signifie que la plupart des masses élémentaires, mises en liberté par les rayons ultraviolets dans l'intérieur du conducteur, possèdent une vitesse déterminée, relativement grande (vitesse probable) : les vitesses inférieures ou supérieures à cette vitesse probable ne se trouvent qu'en proportion très petite et rapidement décroissante, quand l'écart augmente.

dent toutes les propriétés des rayons cathodiques : le dernier, de déterminer la valeur de $\frac{\varepsilon}{\mu}$ (1).

III. — Expériences dans les gaz a une pression notable

1. *Conductibilité des gaz produite par les rayons de déperdition.* — Les expériences décrites dans les chapitres précédents démontrent que les rayons de déperdition possèdent les propriétés générales des rayons cathodiques, et ne diffèrent des rayons cathodiques ordinaires que par leur vitesse. Ces derniers rendent conducteurs les gaz qu'ils traversent. Le phénomène photoélectrique est unipolaire, ce qui paraît indiquer que cette conductibilité ne se produit plus quand la vitesse des rayons est descendue au-dessous d'une certaine limite. C'est en effet ce que les expériences vérifient (2).

2. *Trajet moyen des charges élémentaires.* — Ce trajet moyen est égal à la distance entre les deux électrodes, quand les pressions limites (voir la note ci-dessus) sont atteintes. Dans les expériences de Lenard, ce trajet moyen est environ 10 fois plus grand que celui des molécules du gaz. Ce nombre est beaucoup plus faible que celui trouvé auparavant avec des rayons cathodiques plus rapides. Ce résultat confirme que les rayons cathodiques sont d'autant plus diffus et d'autant moins absorbables, que leur déviation par le champ magnétique est plus faible, c'est-à-dire que leur vitesse est plus grande.

Les propriétés des rayons cathodiques connues jusqu'ici permettent de se faire une

---

(1) L'appareil de Merritt et Stewart est semblable dans ses parties essentielles à celui de Lenard : en face de la cathode irradiée sont disposées trois électrodes, l'une sur l'axe de la cathode, les deux autres placées latéralement dans des positions symétriques par rapport à la première. D'après les valeurs des charges reçues par chacune d'elles on conclut à la déviation. La déviation est d'autant moindre, c'est-à-dire les rayons sont d'autant plus rigides que la différence de potentiel sous laquelle ils prennent naissance est plus grande.

Les expériences de J.-J. Thomson démontrent l'existence de la déviation par voie indirecte : l'auteur calcule l'intensité du champ magnétique nécessaire pour qu'une partie des charges revienne sur l'électrode. On constate qu'il en est ainsi en observant la diminution apparente de la déperdition qui en est la conséquence.

(2) L'électrode E qui fait face à l'électrode irradiée U est percée en son centre d'une ouverture garnie de toile métallique fine (fig. 3) ; en arrière de E se trouve l'anneau d'aluminium R : le cylindre métallique *ee* permet de réaliser à droite et à gauche de E deux champs électriques indépendants. La bobine magnétisante *ss* sert à empêcher la diffusion du rayonnement. En faisant varier la différence de potentiel entre U et E, on fait varier la vitesse des rayons qui arrivent en R : il s'agit de vérifier si en R apparaissent, outre les véhicules d'électricité négative, des véhicules d'électricité positive. R est relié à un électromètre et chargé négativement comme la cage de l'instrument : une diminution de charge de R démontre la production de véhicules positifs. La pression du gaz ne doit pas dépasser une certaine limite, afin que l'accélération des véhicules soit uniforme entre U et E. Au-dessous de cette pression limite, les différences de potentiel de 11 volts ou plus entre U et E provoquent un déplacement notable de l'électromètre : des différences de potentiel plus petites ne donnent rien ou peu de chose (expériences effectuées dans l'air, l'hydrogène, le gaz carbonique).

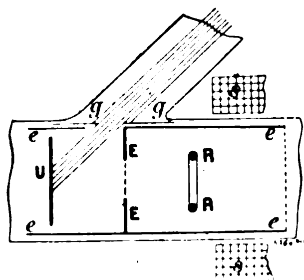


Fig. 3.

Merritt et Stewart font remarquer que l'électrode qui recueille les charges négatives n'atteint pas un potentiel très-élevé et que le potentiel limite est beaucoup plus faible qu'on ne le prévoit, en supposant que l'accroissement est limité seulement par la répulsion des charges négatives existant déjà sur l'électrode. L'explication la plus simple, c'est que le gaz devient conducteur sous l'influence des rayons photoélectriques et que l'électrode chargée négativement attire à elle les ions positifs.

L'existence de la conductibilité se vérifie par les expériences directes : en chargeant à l'aide d'une pile sèche l'une des électrodes latérales et reliant l'électrode médiane à l'électromètre, on constate entre les deux la production d'un courant dont le sens change avec le sens de la différence de potentiel créée par la pile.

idée de la constitution des molécules et des atomes. L'espace occupé par la molécule ou l'atome serait impénétrable pour les autres semblables : mais à l'intérieur existeraient un grand nombre de particules plus ténues, avec de nombreux intervalles libres et susceptibles de mouvements très variés.

3. *Vitesse des véhicules positifs.* — Le nombre des véhicules positifs libérés par une charge élémentaire, paraît être proportionnel à l'excès de la vitesse de cette charge sur la vitesse limite. Il est à remarquer que cette vitesse limite est la même quel que soit le gaz ou encore quand on enlève les dernières traces du gaz. Il semble d'ailleurs que les véhicules positifs soient empruntés aux traces résiduelles de vapeurs, car leur nombre n'augmente pas sensiblement quand il y a du gaz.

Le nombre des véhicules positifs libérés croît avec la différence du potentiel U et E et, pour la même différence, avec la distance des deux électrodes.

IV. — Phénomènes dans les gaz a la pression atmosphérique

Dans les gaz sous la pression atmosphérique, le phénomène photoélectrique est très faible, ce qui peut être à première vue surprenant. On n'a encore fourni aucune explication tout à fait satisfaisante de ce fait. D'après ce qui précède, on pourrait l'attribuer à l'absorption rapide des rayons dans les gaz à la pression ordinaire. Il en résulte au voisinage de la surface une accumulation de véhicules négatifs et la formation d'une couche double qui présente sa face négative à l'extérieur. La limite d'accroissement de cette couche double est donnée par la force maxima qui lie les charges élémentaires à leurs véhicules. Si les forces provenant de la couche double sont supérieures à cette limite, une décharge se produit en sens inverse vers le conducteur et la faible déperdition observée correspond seulement à la diffusion des véhicules. Cette diffusion peut être ou favorisée ou contrariée par le champ créé à la surface du conducteur par une cause extérieure.

Ce n'est que sous une pression très réduite que le phénomène peut se manifester à une certaine distance de la surface, alors que le trajet libre moyen des véhicules est devenu assez grand.

M. Lamotte.

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION

Projets de dynamos à très grande et à très petite vitesse angulaire, communication faite par **F. Niethammer** à l'Elektrotechnische Verein, *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 437, 15 mai 1902.

L'auteur étudie longuement les conditions de fonctionnement et d'établissement des machines électriques, dont la vitesse angulaire sort des limites normales, définies à peu près, d'après lui, par les courbes des figures 1 et 2, relatives, la figure 1 aux machines à courant continu, la figure 2 aux machines à courants alternatifs, pour 50 périodes par seconde et où les abscisses indiquent la puissance en chevaux et les ordonnées le nombre de tours par minute.

Nous extrayons de ce travail quelques données intéressantes pour l'ingénieur électricien [1].

[1] A mesure que la vitesse d'une machine devient de plus en plus faible, le refroidissement est de moins en moins facile et on est ainsi conduit, pour les machines très lentes, à courant continu, à choisir des types à grand diamètre, faible largeur et grand nombre de pôles.

Le tableau suivant établit une comparaison entre deux solutions différentes, employées par l'Union Elektricitäts-

Elément galvanique dont le dépolarisant absorbe l'oxygène de l'air, par **Georges Rosset**. *Centralblatt f. Accumulatoren-Elementen und Accumobilenkunde*, t. III, p. 193. 1er août 1902.

L'élément renferme, dans une solution saturée de chlorhydrate d'ammoniaque, un bâton de zinc et un vase poreux muni d'une membrane semi-perméable. Dans ce vase se trouve le charbon de

---

Gesellschaft pour exécuter une dynamo à courant continu de 100 kilowatts sous 110 volts à 200 t : m.

	DYNAMO à 8 pôles.	DYNAMO à 14 pôles.
Diamètre extérieur	1780 mm	1500 mm
Longueur de fer de l'induit. / diamètre de l'induit	0,26	0,23
Longueur totale, compris collecteur et enroulement. . .	850 mm	660 mm
Poids de l'armature sans l'arbre	1400 kg	1200 kg
Poids du bâti	2850 kg	1650 kg
Cuivre de l'armature.	110 kg	145 kg
Cuivre d'excitation.	340 kg	310 kg
Rendement à pleine charge. .	90,5	90,2
Pertes dans le fer induit / Pertes dans le cuivre	1,1	1,7
Excès de température — Armature. .	35°	30°
Excès de température — Excitation. .	38°	25°
Excès de température — Collecteur .	44°	33°
Marches sans étincelles, sans déplacement des balais. . .	De 0 à 125 kw avec décalage fixe de 2 segments	De 0 à 125 kw dans la ligne neutre

Les machines multipolaires sont d'autant plus économiques qu'elles ont plus de pôles ; à mesure que le nombre de pôles augmente, on peut réduire beaucoup la longueur de l'entrefer, par suite de la diminution de la réaction d'induit par pôle.

L'étude de l'échauffement d'une machine électrique est très difficile. Remarquons d'abord que l'influence des canaux de ventilation est très considérable, surtout pour les machines à grande vitesse. L'élévation de température augmente quand la vitesse décroît, car le refroidissement diminue très vite, tandis que les pertes diminuent beaucoup plus lentement, en même temps que la vitesse.

D'autre part, pour les dynamos blindées, les résultats varient avec la ventilation intérieure : ainsi, lorsqu'il s'agit de dynamos blindées à vitesse suffisante, à bonne ventilation intérieure, telle qu'il ne se produise en aucune partie d'élévation de température dangereuse, parce que la chaleur se transmet facilement à l'enveloppe, on peut obtenir un fonctionnement continu convenable sous une puissance variant de 80 à 100 p. 100 de leur pleine charge. Dans les cas de besoin, il faut employer, pour les moteurs blindés fonctionnant en régime continu, des procédés de refroidissement artificiel (circulation d'air, circulation d'eau dans l'enveloppe, etc.) ; on établira les isolements de la machine exclusivement avec du mica, ce qui permet d'atteindre des températures très élevées, jusqu'à 150° dans certains cas.

Pour toutes ces différentes sortes de refroidissement, on peut donner des formules plus ou moins sûres.

La prédétermination de l'élévation de température en marche est beaucoup plus difficile pour le cas du refroi-

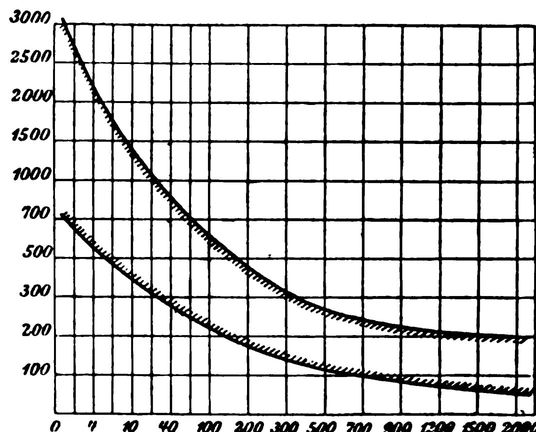


Fig. 1.

dissement naturel d'une machine ouverte que pour celui d'une machine blindée avec refroidissement artificiel ; de plus, dans ce cas, on peut toujours compenser une erreur d'établissement par une augmentation de l'énergie

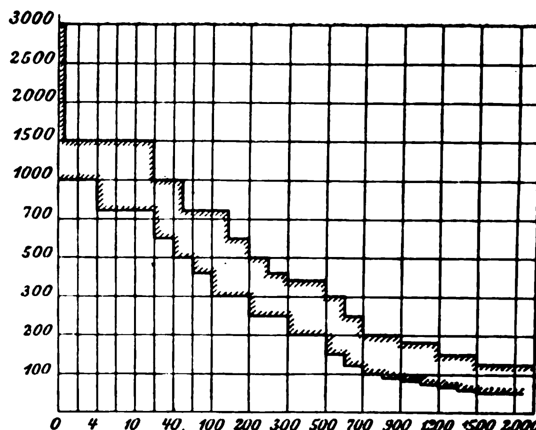


Fig. 2.

du refroidissement (augmentation de la pression de l'air ou de la quantité d'eau en circulation, etc.).

Si l'on désigne par C une constante, par A la perte en watts, par S la surface de refroidissement en mètre carré et par T l'élévation de la température, on admet généralement la formule

$$T = C \frac{A}{S}. \qquad (1)$$

L'auteur, dans de nombreux essais effectués sur ma-

cornue qui plonge dans le liquide dépolarisant spécial.

---

chines ouvertes, a trouvé que C varie de 200 à 1400, en considérant bien exactement les surfaces de refroidissement, dans le cas d'une armature de dynamo à courant continu ou d'un rotor de moteur à champ tournant : le coefficient C varie trop avec la ventilation pour qu'il soit possible d'utiliser pratiquement cette formule avec sécurité, si l'on n'a pas une grande expérience du type de machine en construction.

La formule (1) s'applique assez facilement aux moteurs blindés, il suffit de prendre pour S la surface extérieure et pour C une valeur comprise entre 600 et 900 : de même dans le cas des transformateurs à refroidissement naturel, avec enveloppe métallique et isolement à air ou à huile, mais il faudra prendre pour C de 1 200 à 1 600 et remarquer que T est variable suivant la profondeur, dans les bacs à huile.

Au sujet des transformateurs, il faut remarquer que, au-dessus de 200 kilowatts, le prix du kilowatt des transformateurs sans refroidissement artificiel est plus grand que pour les types moins puissants ; avec refroidissement artificiel, au contraire, on peut faire des transformateurs de 1 000 kilowatts, avec un poids par kilowatt moitié moindre que pour les transformateurs de 100 kilowatts.

Autres formules données par l'auteur :

Refroidissement des collecteurs ;

$$T = 300 \frac{A}{S(1 + 0{,}1\, V)}. \qquad (2)$$

S surface cylindrique, V vitesse linéaire en m/sec.

Pour les bobines d'excitation fixes et complètement à l'air,

$$T_e = 300 \frac{A}{S}, \qquad (3)$$

S surface cylindrique, T_e température extérieure ;

fixes et assez découvertes,

$$T_e = 500 \frac{A}{S}\,; \qquad (4)$$

inducteur tournant,

$$T_e = 300 \frac{A}{S(1 + 0{,}1\, V)}. \qquad (5)$$

On a de plus

$$T_i = (1 + 0{,}15\, e)\, T_e \qquad (6)$$

T_i étant la température intérieure et e l'épaisseur de l'enroulement.

Refroidissement artificiel. — 1 joule équivaut à 0,24 calorie-gramme ; soit C' un coefficient (0,5 à 0,75), tel que la température du fluide circulant atteigne seulement C'T°, pour un excès de température T° de la machine sur l'ambiante ; 0,4 la chaleur spécifique et 0,9 le poids spécifique de l'huile, $\times$ le débit en litres par seconde, les formules sont les suivantes :

Eau :

$$1\,000.\ C' \times T = 0{,}24\ A \qquad (7)$$

Ce dépolarisant consiste en cuprate d'ammo-

Huile :

$$1\,000.\ \frac{0{,}4}{0{,}9}\, C' \times T = 0{,}24\ A \qquad (8)$$

Air .

$$1{,}29\ C'T \times = A \qquad (9)$$

L'échauffement entraîne l'impossibilité d'exécution de certaines machines lorsque la place disponible est limitée ; tel est le cas pour les moteurs de tramways ou de chemins de fer : en particulier, c'est là une des grosses infériorités du moteur polyphasé, qui, présentant de grosses pertes au démarrage, ne peut être utilisé dans les tramways urbains, où les arrêts et démarrages sont fréquents. C'est là, d'après l'auteur et contrairement aux opinions du Pr Kübler (*Zeitschrift für Elektrotechnische und Mecanische*), la raison pour laquelle les Américains préconisent et emploient le courant continu, ou le triphasé avec transformation préalable en continu, dans toutes leurs installations.

Le tableau suivant établit la comparaison entre deux moteurs de 200 chevaux, l'un à courant continu, l'autre à courants triphasés, présentant tous les deux un rendement de 94 p. 100.

DÉTAIL	PERTES EN CHEVAUX		
	CONTINU et triphasé en marche normale	CONTINU au démarrage sous couple triple et courant 2,5 J	TRIPHASÉ démarrage sans couple triple et courant 3,5 J
Cuivre de l'armature.	3,5	22	43
Cuivre de l'excitation.	3,5	22	43
Fer.	5	0	12
TOTAL.	12	44	98

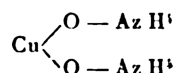
Passant ensuite à la question des étincelles aux balais, l'auteur rappelle que la condition la plus importante à réaliser est une faible tension de réactance (cf. Rothert, *Éclairage Électrique*, t. XXXII, p. 290.) ; une machine de l'Union Elektricitäts Gesellschaft, dans laquelle on avait en marche normale,

$$\frac{A - t \text{ de l'entrefer} + A - t \text{ des dents}}{A - t \text{ de l'induit sous un pôle}} = 1{,}5,$$

a pu fonctionner en court circuit, avec une bonne commutation, en débitant un courant égal à 50 ou 70 p. 100 du courant normal, ce qui montre en particulier le peu d'importance du champ.

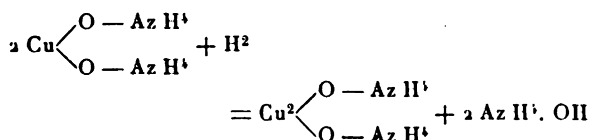
L'auteur estime que le mode d'enroulement employé est un des facteurs importants de la commutation : dans les machines à grand entrefer, avec un bon centrage, les enroulements imbriqués, plus simples, sont, d'après lui, les meilleurs ; on peut toujours, d'ailleurs, s'il y a lieu,

niaque en solution plus ou moins ammoniacale et qui peut être représenté par la formule



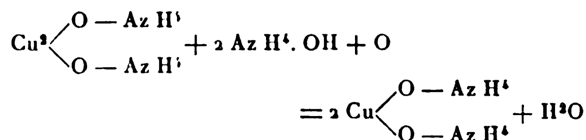
$$Cu \langle {O - Az H^4 \atop O - Az H^4}$$

L'élément fonctionne de la façon suivante : au pôle négatif, le zinc se dissout et donne du chlorure de zinc qui forme un sel double avec le chlorhydrate d'ammoniaque en excès. Au pôle positif, l'hydrogène réduit le cuprate en cuprite d'après l'équation



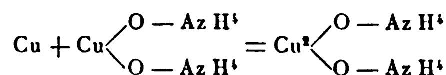
$$2\,Cu \langle {O - Az H^4 \atop O - Az H^4} + H^2 = Cu^2 \langle {O - Az H^4 \atop O - Az H^4} + 2\,Az H^4 . OH$$

La diffusion amène ce cuprite à la surface de l'élément, où, au contact de l'oxygène atmosphérique et de l'ammoniaque libre, il s'oxyde à nouveau en cuprate d'après l'équation



$$Cu^2 \langle {O - Az H^4 \atop O - Az H^4} + 2\,Az H^4 . OH + O = 2\,Cu \langle {O - Az H^4 \atop O - Az H^4} + H^2O$$

Le cuprite même peut agir comme dépolarisant et se réduire alors en cuivre métallique dans le cas où l'intensité est suffisamment élevée pour que le cuprite n'ait pas le temps de se réoxyder. La force électromotrice ne varie d'ailleurs pas beaucoup, car il n'existe qu'une différence de 4 calories entre la réduction du cuprate en cuprite et celle du cuprite en cuivre. Pendant les intervalles de repos, le cuivre précipité se redissout en présence du cuprate, d'après l'équation.



$$Cu + Cu \langle {O - Az H^4 \atop O - Az H^4} = Cu^2 \langle {O - Az H^4 \atop O - Az H^4}$$

et le cuprite reformé se transforme à son tour en cuprate selon la première équation ci-dessus.

Il suffit de rajouter de temps en temps de l'ammoniaque, moins par suite de l'évaporation de celle-ci, car le cuprate la retient énergiquement, que par sa transformation en nitrite ou en nitrate d'ammoniaque, la réoxydation du dépolarisant à l'air étant très vive. Cette addition devient cependant tout à fait inutile quand on utilise comme liquide excitateur une solution de chlorhydrate d'ammoniaque qui donne par l'électrolyse pendant le fonctionnement de l'élément de l'ammoniaque libre au pôle positif.

La solution de cuprate d'ammoniaque a un pouvoir de diffusion considérable et traverse rapidement les vases poreux ordinaires. Pour éviter la diffusion du dépolarisant, on produit dans la paroi poreuse une membrane semi-perméable colloïdale de ferrocyanure de cuivre.

Grâce à l'ammoniaque libre qui existe toujours dans le dépolarisant et dans laquelle le ferrocyanure de cuivre est soluble, la membrane se renouvelle sans cesse à l'état colloïdal.

Cette membrane est très mince et se présente sous l'aspect d'une ligne rouge dans la cassure du vase. Pour cette raison, la résistance du vase poreux reste petite (2 à 2,5 ohms) bien que ce vase ne laisse pas passer le cuivre. Au contraire lorsqu'on précipite de l'oxyde de zinc dans la paroi du vase poreux, celui-ci se bouche et la résistance dépasse rapidement 10 ohms.

---

employer des connexions équipotentielles ou des bagues d'égalisation, pour lutter contre les différences de force électromotrice induites dans les différents circuits et empêcher la formation des étincelles aux balais.

L'enroulement ondulé (série ou série parallèle) présente souvent l'inconvénient que les circuits dérivés ne se joignent que par l'intermédiaire des balais, ce qui occasionne des crachements, et on peut être souvent conduit à employer aussi des connexions équipotentielles, même avec cet enroulement.

D'autre part, il est tout indiqué dans les machines à haute tension et peut rendre aussi des services, par le fait qu'il permet d'exécuter avec les mêmes nombres de dents, de lamelles et de pôles, des machines de tensions très différentes.

L'auteur donne alors des formules analogues à celles indiquées par Rothert et Arnold, pour le calcul de la tension de réactance, et une méthode de calcul du facteur de puissance d'un moteur d'induction.

Il fait encore remarquer que la vitesse périphérique d'un inducteur, même avec enroulement en barres sur champ, est limitée par la résistance des boulons. La force centrifuge étant à vitesse périphérique et masse égales, inversement proportionnelles au diamètre $\left(\frac{mV^2}{r}\right)$ on doit, avec une fixation par boulons, se limiter entre 30 et 50 m/sec., suivant le diamètre ; pour dépasser cette limite, il faut employer une fixation des pôles à queue d'aronde, comme l'a fait l'Union Elektricitäts Gesellschaft pour trois génératrices de 1 400 kilovolts-ampères, sous 500 t : m.

D'autre part, la longueur axiale d'une machine est limitée par la nécessité d'assurer une fixation solide des tôles ; 1 m semble être une limite supérieure de cette longueur.

A. M.

D'après les essais officiels effectués au Laboratoire central d'électricité à Paris, la constance de cet élément serait remarquable. Le tableau suivant ainsi que la figure 1 se rapportent à la décharge, sur une résistance de 10 ohms, d'un élément d'une contenance totale de 1 litre.

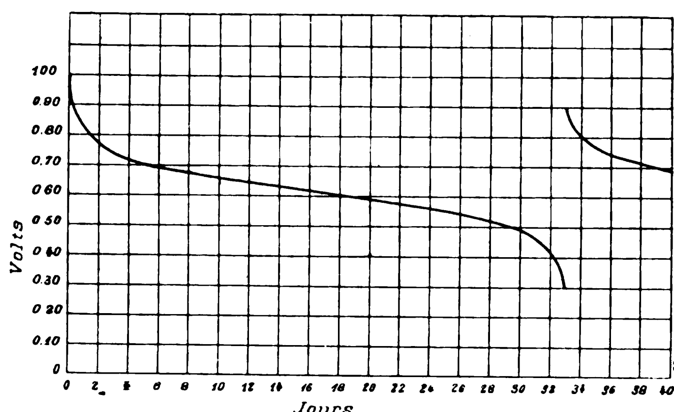


Fig. 1.

Décharge sur 10 ohms.

TEMPS depuis le commencement		PREMIÈRE décharge de l'élément		DEUXIÈME décharge de l'élément avec le même dépolarisant	
Jours	Heures	Tension en volts	Force électromotrice, en volts	Tension en volts	Force électromotrice, en volts
0	0	0,99	1,23	0,91	1,195
1	24	0,80	0,93	0,79	0,897
2	48	0,77	0,87	»	»
3	72	0,74	0,85	0,75	0,87
5	120	0,71	0,83	0,72	0,85
7	168	0,68	0,81	0,685	0,83
21	504	0,58	0,79	»	»
26	624	0,55	0,78	»	»
33	792	0,30	»	»	»

Pendant ces 792 heures, l'élément a débité 47,7 ampères-heure. L'usure du zinc est très régulière. Un peu avant la disparition de l'électrode de zinc, la courbe baisse rapidement, comme le montre la figure 1, par suite de l'augmentation de la résistance intérieure. Après remplacement du zinc et du liquide excitateur, la courbe reprend l'allure initiale (fig. 1), ce qui montre que le dépolarisant n'est pas épuisé.

Un autre élément donnait les résultats suivants :

PREMIÈRE DÉCHARGE sur 50 ohms			DEUXIÈME DÉCHARGE sur 10 ohms, après remplacement du zinc et du liquide excitateur, seulement		
Temps depuis le commencement, en jours	Force électromotrice, en volts	Tension en volts	Temps depuis le commencement, en jours	Force électromotrice, en volts	Tension en volts
0	1,13	0,85	0	0,88	0,75
1	0,91	0,70	1	0,86	0,73
2	0,85	0,62	2	0,84	0,71
4	0,81	0,60	8	0,79	0,67
11	0,80	0,57	21	0,76	0,64
21	0,80	0,48	30	0,70	0,58
22	0,77	0,46	41	0,67	0,51
23	»	0,44	47	0,63	0,36
25	0,74	0,31			
26	»	0,24			

La figure 2 montre une comparaison entre cet élément (1 ; E = 1,25 volt), un élément ordinaire au bioxyde de manganèse (3 ; E = 1,60 volt), et un autre élément (2) du même auteur, mais de force électromotrice élevée (2,2 volts). Tous ces éléments avaient la même contenance, soit environ 1 litre. Le circuit de chacun de ces trois éléments était fermé sur une résistance de 5 ohms. Pour l'élément 1, après le premier épuisement, on reprenait la décharge sur une résistance de 10 ohms ; la figure montre le commencement de cette décharge dans un cas avec le même dépo-

larisant et dans l'autre cas après renouvellement du dépolarisant. On voit que les deux courbes sont très rapprochées.

La quantité de sel de cuivre que renferme le vase poreux serait tout à fait insuffisante pour la consommation du zinc si l'élément travaillait comme l'élément Daniell, avec réduction à l'état de cuivre.

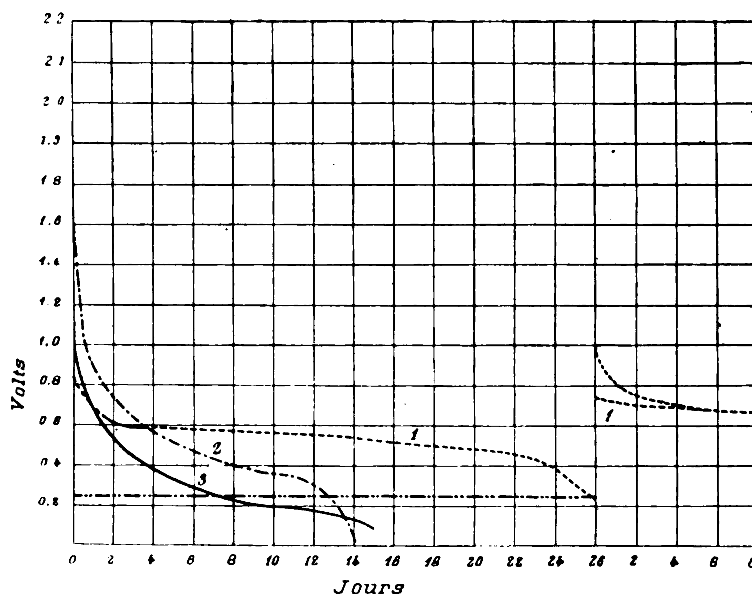


Fig. 2.

Une expérience simple montre d'ailleurs le rôle de l'air : si on empêche celui-ci d'arriver, la force électromotrice et le courant de décharge baissent plus rapidement que dans l'élément normal, pour remonter ensuite quand on redonne accès à l'air. C'est ce que montre le tableau suivant :

TEMPS depuis le commencement de la décharge, en jours	FORCE électromotrice en volts	TENSION aux bornes, en volts	REMARQUES
0	0,85	0,69	Ouverture d'air bouchée
1	0,83	0,66	Ouverture d'air débouchée
2	0,82	0,64	
3	0,84	0,66	
4	0,84	0,67	
5	0,84	0,68	

L. JUMAU.

Accumulateurs américains, pour automobiles. *Electr. World and Engin.* t. XXXVIII, p. 538, 1901. — *Centralblatt fur Accumulatoren und Elementenkunde*, t. II, p. 296 et 310.

ACCUMULATEUR SPERRY. — Une plaque mince en plomb est ondulée horizontalement. Dans le fond des ondulations on vient ensuite estamper des petites parties trapézoïdales qui sont taillées en diagonale, de sorte qu'il en résulte une sorte de râpe dont les dents sont assez longues et ont une forme triangulaire (fig. 1). Elles sont recourbées vers l'extérieur. Les ondulations sont ensuite remplies de la matière qui doit devenir active de sorte qu'il en résulte une plaque unie des deux côtés. Le tout est alors comprimé à environ 75 kg par cm², ce qui a pour but de fixer solidement la matière et de la rendre uniforme; pendant cette opération, les dents sont refoulées sur la surface de la matière.

Une matière appropriée qui, après formation, devient dure comme la stéatite, consiste en un mélange de 80 à 85 p. 100 de plomb pur finement divisé, obtenu comme celui de l'accumulateur au chlorure, et de 15 à 20 p. 100 d'oxyde de plomb. On additionne ce mélange de 1/25 de sels alcalins ou autres substances inertes qui en se dissolvant pendant la formation créent de nombreux pores dans la matière et durcissent en même temps celle-ci. On obtient ainsi des plaques très solides qui ne se détruisent pas et ne laissent pas tomber de matière. Les ondulations

horizontales permettent la dilatation et empêchent le gondolement.

Pour empêcher la matière tombant exceptionnellement de produire des courts-circuits, la plaque est entourée sur deux côtés et dessous d'une enveloppe à nervures verticales qui permettent la libre circulation de l'électrolyte à la

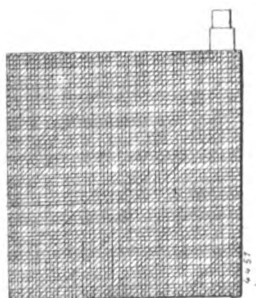


Fig. 1.

surface de la plaque. L'enveloppe consiste en pyroxyline fabriquée par nitrification de tissu de coton et rendue inerte par addition d'un peu de nitrobenzol.

Les bacs en ébonite ont des nervures garnies de caoutchouc souple de sorte que les plaques ne sont pas exposées aux chocs violents. En outre existent les séparateurs ordinaires en ébonite à nervures et perforations.

Une batterie de 44 éléments donna les résul-

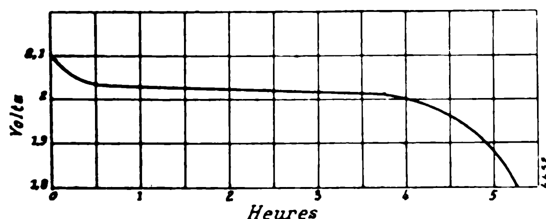


Fig. 2.

tats exprimés par la courbe (fig. 2), qui se rapporte à un seul élément. L'intensité de décharge était de 40 ampères, la tension moyenne 1,975 volts.

Chaque élément pesait 10,5 kg. En rapportant au kilogramme de poids total on trouve ainsi pour la décharge en 5 heures un quart, 20.42 ampères-heure et 40,33 vatts-heure à l'intensité massique de 3,9 amp. : kg. Au régime de 3 heures, on obtient 17,67 ampères-heure et 33,53 watts-heure aux régimes massiques 5,89 ampères et 11,18 watts par kilogramme d'élément. Les deux types les plus courants sont : celui de 8 kg ayant comme dimensions $5 \times 18 \times 26$ cm ; et celui de 10,3 kg ayant $7,5 \times 18 \times 26$ cm. Une batterie ayant parcouru environ 12 300 km montrait seulement une baisse de 28 p. 100 de la capacité initiale.

Des essais effectués par John W. Langley, il résulte qu'après avoir parcouru 4 900 km au régime de 2,2 ampères par kilogramme d'élément une batterie donnait à sa 44e décharge à ce régime une tension moyenne de 2,014 volts.

Accumulateur Clare de l' « International Storage Battery C° ». — Cet accumulateur doit par sa construction mécanique, avoir une longue durée ; il est approprié aux décharges rapides et donne une grande énergie spécifique. Les oxydes de plomb sont préparés spécialement avant leur introduction dans le support. Celui-

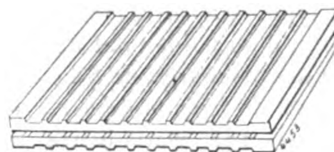


Fig. 3.

ci (fig. 3) consiste en grès poreux qui est débarrassé des impuretés conductrices. L'unique côté qui reçoit la matière active est partagé en 100 parties par des nervures étroites qui se coupent à angle droit.

L'autre côté a des nervures parallèles dans un sens. Les deux plaques voisines sont placées l'une sur l'autre, de telle sorte qu'il se forme des canaux parallèles. Les plaques ont en outre sur un côté ou sur les deux des fortes nervures plus épaisses que celles qui forment réservoir de matière active. Elles sont cimentées l'une sur l'autre pour deux plaques voisines, de sorte que les parties remplies de matière active sont en regard mais ne se touchent pas. Dans l'intervalle étroit, on glisse comme conducteur une feuille de plomb laminé de 0,8 mm d'épaisseur environ qui est en contact intime avec la matière active et possède une queue de prise de courant. Pour les gros éléments, chaque électrode est composée de quatre ou plus de ces plaques de grès. Ces supports sont ainsi beaucoup plus légers que des supports en plomb. Comme les plaques de grès n'ont que 1,5 mm d'épaisseur et que

les canaux extérieurs permettent la libre circulation de l'électrolyte, la résistance intérieure de l'élément est très petite. Les supports sont suffisamment élastiques pour suivre les dilatations de matière active.

Les courbes de la figure 4 donnent l'allure

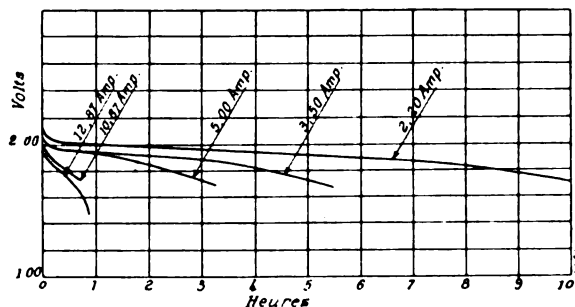


Fig. 4.

des décharges à différents régimes pour un élément de ce type. Un autre accumulateur avec bac en ébonite, d'un poids total de 7,2 kg montrait pendant une décharge de 8 heures à 12 ampères, une chute de tension de 2,1 à 1,9 volt et fournissait ainsi 192 watts-heure soit 26,67 watts-heure par kilogramme de poids total. De grandes surcharges n'influent pas sur la durée des électrodes. Après deux ans d'utilisation, une batterie n'offrait aucune cassure ni aucun gondolement des supports; il n'y avait pas encore de chute de matière active.

Accumulateur Perret. — L'électrode est constituée de baguettes carrées en plomb pur qui sont formées seulement dans l'acide pur.

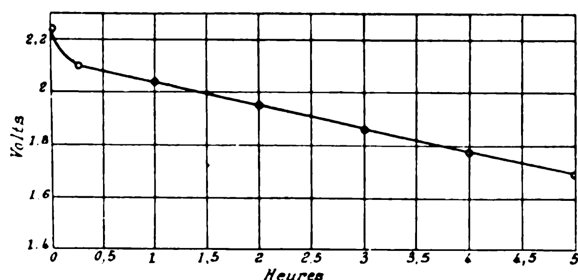


Fig. 5.

Chaque baguette peut s'allonger, se contracter ou se tordre sans que l'électrode entière se courbe. Avant la formation, il n'y a aucune différence entre les baguettes qui doivent former les positives et celles qui doivent former les négatives.

La figure 5 montre l'allure d'une décharge en 5 heures pour un élément de 3,4 kg. Par kilogramme de poids total, on obtient 14,8 ampères-heure ou 28,08 watts-heure.

Deux types courants sont fabriqués : le type A a comme dimensions 25 × 16 × 3 cm et pèse 3,4 kg; le type B a comme dimensions 25 × 32,5 × 3 cm, pèse 6,8 kg et a une capacité de 100 ampères-heure au régime de 5 heures.

Accumulateur Gould. — Les plaques sont à grande surface et leur surface active est égale à 17 fois leur surface apparente. Par kilogramme de plaque, la surface active atteint 62,50 dm², de sorte que le régime de décharge de 8 heures correspond à 1 ampère pour 15,6 dm².

Les nervures et séparateurs perforés sont en ébonite ainsi que le couvercle et le bac ; celui-ci porte au fond deux fortes nervures qui supportent les plaques.

Les éléments types EV ont tous 30 cm de hauteur; leur poids total varie de 9 à 30 kg et leur capacité de 60 à 283,5 ampères-heure au régime de 3 heures.

Ces éléments donnent une capacité et une énergie massiques de 7,33 ampères-heure et

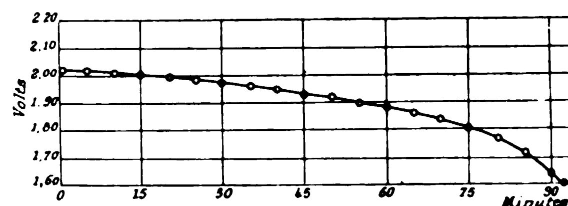


Fig. 6.

13,9 watts-heure par kilogramme de poids total au régime de 3 heures. La figure 6 montre une courbe de décharge. Un élément à 7 plaques a un poids total de 12,8 kg dont 10,2 kg d'électrodes et 2 kg d'acide. Sa capacité est de 90 ampères-heure à la décharge en 3 heures, et 100 ampères-heure en 4 heures. Le bac en ébonite a comme encombrement : largeur 8 cm; longueur 15,6 cm et hauteur 28,8 cm.

Accumulateur « Chloride ». — La plaque positive « Manchester » est une grille coulée possédant des trous qui ont un diamètre de 21,5 mm à la surface et 23,4 mm dans le milieu. Dans ces trous on vient loger des spirales de plomb fabriquées à l'aide de rubans de plomb dont la largeur est égale à l'épaisseur de la

plaque. Ces rubans sont passés entre deux cylindres dont l'inférieur est uni et l'autre garni de dents. Après découpage de longueur, on les enroule en spirales dont le diamètre extérieur est égal à la plus petite des ouvertures de la grille. Les spirales sont introduits dans les trous;

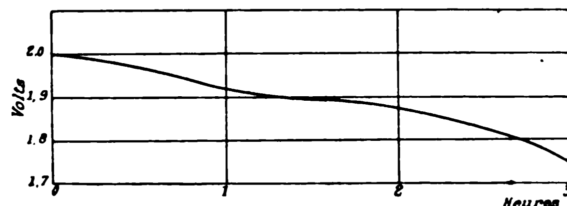


Fig. 7.

le foisonnement pendant la formation les maintient dans leur logement. On obtient ainsi des pastilles de matière active qui sont très poreuses et permettent la circulation de l'électrolyte à travers la plaque. Les plaques négatives sont du type au chlorure et coulées sous pression avec du plomb antimonieux. Pour la fabrication de la matière active, on dissout du plomb finement divisé dans l'acide azotique, on précipite par l'acide chlorhydrique. Après lavage du précipité, on le fond avec du chlorure de zinc et on le coule dans des formes, en pastilles carrées de 19 mm de côté et 6 mm d'épaisseur. Les plaques ainsi obtenues sont fermées en court-circuit avec des plaques de zinc et il se réduit du plomb pur très poreux.

A la décharge en 3 heures (voir fig. 7) on obtient 2,18 ampères-heure ou 4,13 watts-heure par kilogramme de poids total.

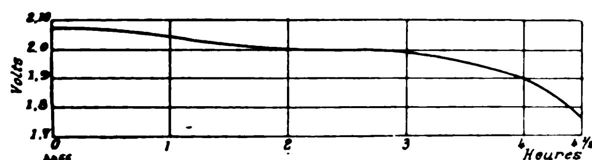


Fig. 8.

Le nouvel accumulateur « Exide » de l'Electric Storage Battery C° est à pastilles. Il est beaucoup plus léger que le « Chloride » et il donne 8,87 ampères-heure ou 16,87 watts-heure. La figure 8 représente une courbe de décharge.

Accumulateur Willard. — Les plaques de cet élément (fig. 9) possèdent des nervures qui vont obliquement de la surface au milieu et sont minces et souples, donnant ainsi un développement de surface égal à 16. Par la charge rapide, l'oxyde formé entre les nervures recourbe celles-ci sans détérioration de la plaque. La formation paraît être chimique, alcaline. L'accumulateur peut être

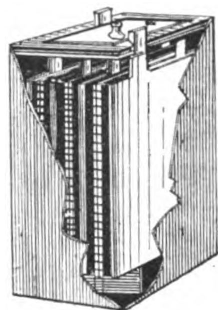


Fig. 9.

chargé en 50 minutes, 20 minutes à une intensité double de l'intensité normale, 10 minutes à une intensité 1,5 fois celle-ci et 20 minutes au quart de cette intensité normale. Il peut être déchargé en 30 minutes. Entre les plaques sont placés des séparateurs perforés et à nervures, en ébonite. On n'a pas eu ici en vue une extraordinaire légèreté, mais surtout une longue durée pour le service excessif des automobiles.

La figure 10 donne les courbes de différentes décharges et une courbe de charge en 8 heures.

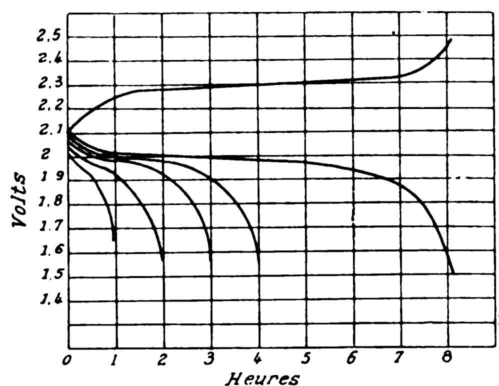


Fig. 10.

Deux types pour automobiles sont exposés ici : 1° les éléments « Standard » d'un poids de 6 à 26 kg et d'une capacité de 34 à 196 ampères-heure au régime de 3 heures et de 40 à 231 ampères-heure au régime de 5 heures; 2° les éléments type « Willard Spécial » de 8 à 28 kg et donnant 48 à 217 ampères-heure ou 56 à

254 ampères-heure aux régimes de 3 ou 5 heures.

Rapportées à l'unité de poids total, les capacité et énergie massiques sont ainsi 6,40 ampères-heure et 12,15 watts-heure par kilogramme pour les éléments « Standard » et 6,73 ampères-heure et 12,80 watts-heure par kilogramme pour les éléments « Spécial ».

Accumulateur Porter. — La grille de l'élément d'automobile a comme dimensions 125 × 175 × 3 mm. Elle se compose d'un alliage meilleur conducteur que le plomb pur, plus élastique et plus inattaquable à l'acide. La matière active a sa plus grande surface au milieu de la plaque. Avant la formation, la matière active subit un traitement spécial.

Les éléments pèsent de 3,8 à 22,5 kg et ont comme capacité 32 à 256 ampères-heure en 3 heures, et 42 à 334 ampères-heure en 5 heures.

La courbe de la figure 11 se rapporte à un

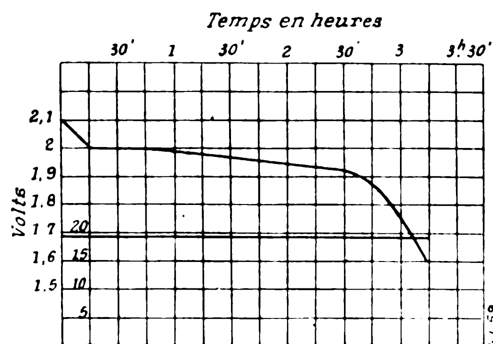


Fig 11.

élément de 5,4 à 6 kg. Le rendement en quantité atteint 88 p. 100 dans le cas de décharge en 3,5 heures et de charge à intensité constante en 4,75 heures. Il peut s'élever à 95 p. 100 avec la charge à potentiel constant.

Une batterie de ce type, d'un poids de 270 kg a pu procurer à une voiture très légère un parcours de 300 km sans recharge.

Accumulateur américain. — Les électrodes, du type Planté, sont munies de nervures inclinées, ainsi que le montre la figure 12. Les plaques sont suspendues sur des pièces isolantes qui servent en même temps de séparateurs. Les électrodes sont, en outre, séparées par des plaques minces et perforées, en ébonite, de sorte que l'écartement atteint 6 mm. Les éléments pèsent de 4,5 à 32,5 kg et peuvent donner de 8 à 72 ampères pendant 3 heures, ou de 5,5 à



Fig. 12.

48 ampères pendant 5 heures. Dans ce dernier cas, la capacité massique est égale à 6,4 ampères-heure par kilogramme d'élément et l'énergie massique, à 12,2 watts-heure par kilogramme d'élément.

Accumulateur Reuterdahl. — La grille en plomb dur, représentée par la figure 13, sert

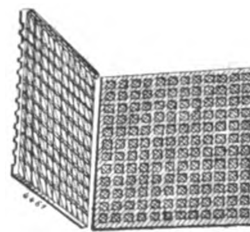


Fig. 13.

seulement de support conducteur et est coulée sous pression. La matière active est comprimée dans cette grille, puis on applique sur chaque côté une feuille d'ébonite perforée munie d'un cadre en ébonite ou en bois traité chimiquement. Les trous ont 1,5 mm de diamètre et sont écartés de 3 mm de centre en centre. Par leurs nervures ces feuilles d'ébonite servent en même temps à séparer les plaques entre elles. Elles maintiennent en outre la matière active contre la grille. Le bac en ébonite possède, au fond, des tasseaux qui supportent les électrodes.

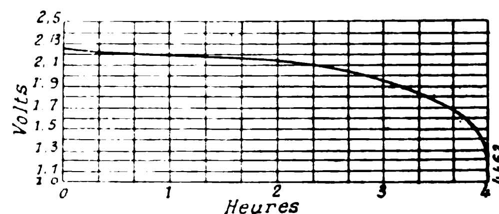


Fig. 14.

La figure 14 représente une courbe de décharge d'un tel élément. Au régime de 3 heures,

un élément pesant 10 kg donne comme capacité et énergie massiques 10 ampères-heure et 19 watts-heure par kilogramme d'élément.

Accumulateur Osburn. — Les plaques sont du type à pastilles et construites en vue d'une durée de 6 à 12 mois. Cette faible durée demandée permet de réduire les poids à un minimum et d'effectuer un ou deux remplacements par an sans que le coût de la batterie dépasse les limites ordinaires. L'acheteur trouve ainsi comme avantage un prix d'achat moins élevé de la batterie pour un prix d'entretien ne dépassant pas le prix normal ; en outre il dispose d'une batterie neuve au commencement de la deuxième année.

La plaque est constituée d'une feuille de plomb mince qu'on perfore de trous carrés ; on relie ensuite les angles par des coupures en diagonale et on relève les bandelettes ainsi formées perpendiculairement à la surface de la plaque. Les poches obtenues de cette façon sont remplies de matière active que l'on y comprime. La très grande surface de contact entre le support et la matière permet des intensités de courant élevées.

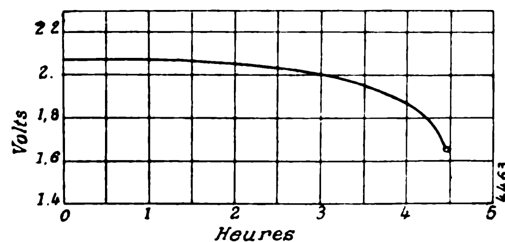


Fig. 15.

La matière, recouvrant le quadrillage, empêche l'attaque de celui-ci par l'électrolyte.

Les plaques négatives sont beaucoup plus minces et plus légères que les positives. Les séparateurs consistent en feuilles d'ébonite de 0,4 mm d'épaisseur ; ils sont munis de fentes et possèdent des baguettes rondes verticales qui les renforcent et maintiennent en même temps l'écartement des plaques à 3 mm. Le bac et le couvercle, muni d'une ouverture centrale, sont en ébonite.

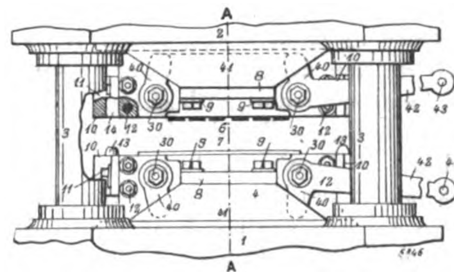
L'élément courant possède 9 négatives et 8 positives ayant comme dimensions en surface 190 × 70 mm. Les dimensions du bac sont 80 × 130 × 270 mm. Le niveau de l'électrolyte est à 30 mm au-dessus du bord supérieur des plaques. L'élément complet pèse 6,75 kg. A la décharge en 3 heures, il donne comme capacité et énergie massiques 11,8 ampères-heure et 23,3 watts-heure par kilogramme d'élément.

La figure 15 montre la courbe de décharge en 4 heures ; on voit que la tension se maintient au-dessus de 2 volts pendant 2,75 heures.

Une série de ces éléments a parcouru 3 200 km sans réparations. L. J.

Appareil Madden pour fabriquer les plaques d'accumulateurs Brevet français n° 312 091 du 25 juin 1901. Brevet allemand n° 129 397 du 20 juin 1901. Brevet anglais n° 12 974 du 25 juin 1901.

Cet appareil est plus particulièrement destiné à la fabrication des grilles délicates. La figure 1 est une élévation latérale en coupe partielle, montrant les matrices perfectionnées formant la grille et l'appareil éjecteur, ajustés sur les plateaux d'une presse hydraulique. La figure 2 est une coupe verticale transversale suivant AA de


Fig. 1.

la figure 1 ; la figure 3 est une vue en coupe perspective des parties extrêmes de la matrice coupante inférieure et du balancier coopérant. Dans la figure 4, on voit un plan montrant la matrice coupante inférieure et l'appareil éjecteur avec la grille d'accumulateur sur la matrice ; la figure 5 indique un plan agrandi d'un coin ou angle supérieur d'une forme préférée de plaque d'accumulateur, et la figure 6, une coupe horizontale du même.

En figure 7 est représenté un plan en vraie grandeur d'une portion d'une des sections de la matrice ayant une partie faisant corps avec elle et formant la cloison de grille ; la figure 8 montre une coupe verticale d'un détail de la même.

La figure 9 est un plan en vraie grandeur d'une partie de l'une des sections de la matrice n'ayant pas la partie formant cloison ; la figure 10 est une coupe verticale de la même.

La figure 11 représente une coupe latérale du

châssis de la matrice inférieure, la matrice et le mécanisme éjecteur de grille.

Les figures 12 et 13 sont des vues en coupe latérale montrant les mouvements alternatifs de dégagement de la grille des deux séries de sections de matrice, par les balanciers.

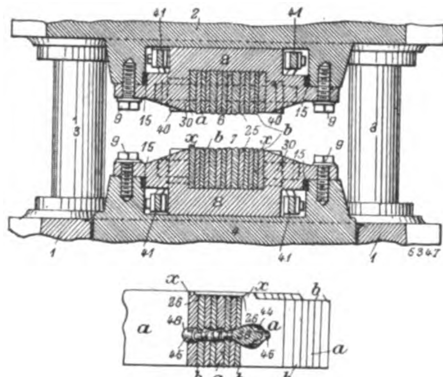


Fig. 2 et 3.

La figure 14 montre une coupe transversale verticale de l'un des balanciers et de son dispositif de fonctionnement, et la figure 15, une vue en plan de la coupe d'un détail de la précédente.

La figure 16 représente le balancier en coupe transversale et son dispositif de commande ; la figure 17 est une vue par bout d'un balancier.

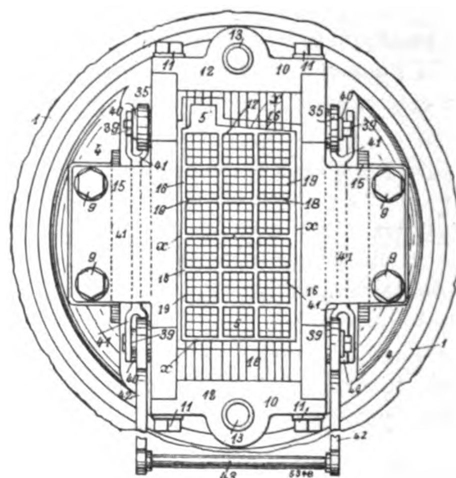
Les figures 18 et 19 sont des vues en coupe verticale transversale de parties de quatre sections de matrices montrant le renversement successif de leurs faces travaillantes pour dégager la grille d'accumulateur comprimée.

Une presse hydraulique a sa base 1 et sa tête 2 reliées par des étançons 3. La base 1 contient le piston plongeur 4 qui se meut vers la tête 2. Pour faire une grille de la forme préférée 5 (fig. 4, 5 et 6), on emploie deux matrices opposées 6 et 7 (fig. 1 et 2). Ces matrices sont formées chacune de sections placées côte à côte et maintenues immobiles dans le sens horizontal par des vis 9.

Le châssis 8 est fait avec des extrémités amovibles 10 maintenues par des vis 11 et aussi par des boulons 12, représentés en pointillé dans la figure 4, dans les côtés du châssis. En enlevant 10, on peut remplacer une ou plusieurs sections de matrices, usées ou rompues.

Des goujons-guides 13 pénétrant dans des trous 14 assurent la correspondance latérale des matrices opposées 6 et 7. Des clavettes en acier trempé 15 servent pour le réglage du niveau de la matrice et renforcent l'ensemble.

Les deux matrices 6 et 7 ont une construction à peu près semblable ; mais la matrice inférieure a des nervures saillantes verticalement, formant un épaulement x dans l'acier trempé des sections de la matrice, épaulement à peu près aussi profond que l'épaisseur de la cloison extérieure de



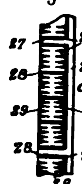








Fig. 4 à 10.

la grille 5. Cet épaulement correspond au contour extérieur du lingot et de la grille finie et sert de guide pour placer le lingot entre les matrices ; il résiste également à la pression latérale et empêche une expansion latérale du métal.

Le mécanisme éjecteur est le même pour les deux matrices : 25 sont les parties de matrices formant cloisons (fig. 7 et 8). Les cloisons extérieures de la grille sont produites par les parties 26 des sections de matrice coopérant avec x. Les cloisons transversales 18 sont produites par les parties de matrice 27 ; les âmes minces 19, les cloisons 20 et 21, par les dépressions 28 de la matrice, et enfin les dents 23 dans les alvéoles

22, par les dépressions 29 des sections de matrice.

Dans les figures 2, 3, 12, 13, 18 et 19 on voit les 14 sections de matrices disposées en deux séries *a* et *b*. Pour mouvoir les sections de matrices et dégager la grille, on emploie le dispositif à balancier 30. Il y a deux balanciers par

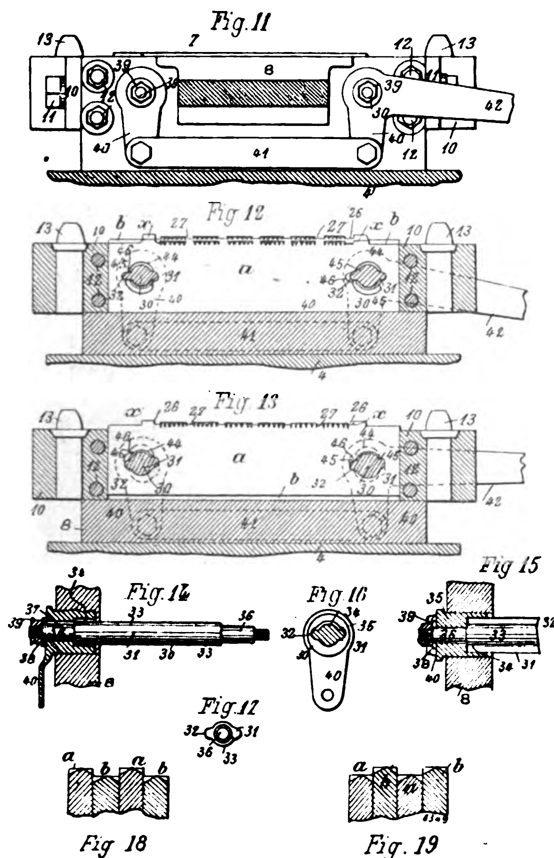


Fig. 10 à 19.

matrice ; ceux-ci ont des parties opposées à bords arrondis 31 et 32 se raccordant dans une partie centrale arrondie 33. 31, 32 et 33 passent à travers les ouvertures des sections *a* et *b* et dans les ouvertures 34 dans un moyeu-coussinet 35 tournant dans le châssis de la matrice 8. Aux extrémités opposées, la partie ronde 36 s'ajuste normalement dans les côtés et le fond des ouvertures verticalement allongées 37, dans les moyeux 35, ce qui donne ainsi un jeu vers le haut comme le montre la figure 14.

Les ouvertures 34 du moyeu (fig. 14 et 16) sont aussi agrandies pour donner un jeu semblable au-dessus des parties 31, 32 et 33 des balanciers. Ceci permet aux moyeux 35 de tourner librement dans 8 ; cela permet aussi le mouvement de déplacement vers le haut des balanciers pour mouvoir les sections des matrices. La rondelle 38 et l'écrou 9 maintiennent le moyeu 33 en place, mais libre de tourner dans 8.

Les moyeux 35 ont les bras 40 accouplés par la bielle 41. Aux moyeux 35 du balancier avant sont fixés les leviers 42 reliés par une barre transversale 43 qui reçoit le mouvement alternatif.

Les ouvertures transversales 44 à travers toutes les sections des matrices ont des parties centrales plus grandes que les parties 33 des balanciers pour leur donner du jeu et permettre le mouvement extérieur des sections de matrice. Une particularité essentielle consiste en ce fait que ces ouvertures sont munies à une extrémité d'un évidement verticalement court 45, et à l'autre, d'un évidement verticalement long 46 ; l'évidement court d'une section étant à l'avant pendant que l'évidement court de la section suivante est à l'arrière (fig. 12 et 13). Les évidements courts 45 servent de points d'appui aux balanciers et les évidements plus longs 46 donnent du jeu aux balanciers pour mouvoir les sections. Pour montrer plus clairement le fonctionnement, le jeu a été exagéré dans les figures.

Pour le fonctionnement de cette machine on opère de la façon suivante : un lingot de plomb laminé ou coulé, d'épaisseur un huitième de pouce, est placé sur la matrice 7 ; le plongeur 4 est élevé et la compression est obtenue. Les cloisons 16, 17, 18 conservent l'épaisseur de la feuille de plomb. On diminue ensuite la pression sur 4 et en même temps le levier 42, 43 de la matrice supérieure 6 reçoit un mouvement alternatif vertical, ce qui meut successivement les faces des séries alternantes des sections des matrices *a*, *b* au delà du plan de travail de la matrice 6. La grille comprimée est alors dégagée de cette matrice. Quand le plongeur 4 est abaissé ou pendant cet abaissement, la grille est pareillement dégagée de 7 par le mouvement du levier du châssis inférieur. La grille peut être alors enlevée intacte de la presse.

On peut obtenir ainsi les plaques délicates et on évite les trous, soufflures et l'introduction d'impuretés dans le métal (comme par exemple dans la coulée autour de pastilles).

L. J.

Sur la durée et le poids des accumulateurs à électrodes négatives de palladium, fer ou platine, par Dr **J. Rabinowicz**. *Elektrochemische Zeitschrift*, t. IX, p. 95, août 1902.

Parlant des accumulateurs plus légers que l'accumulateur au plomb, l'auteur rappelle que J. Rousse a décrit en 1881 une série de combinaisons utilisant le phénomène d'occlusion. Il employait d'abord une plaque négative en palladium et une positive en peroxyde de plomb. Le palladium absorbe environ 1 000 fois son volume d'hydrogène, de sorte que 1 cm^3 absorbe

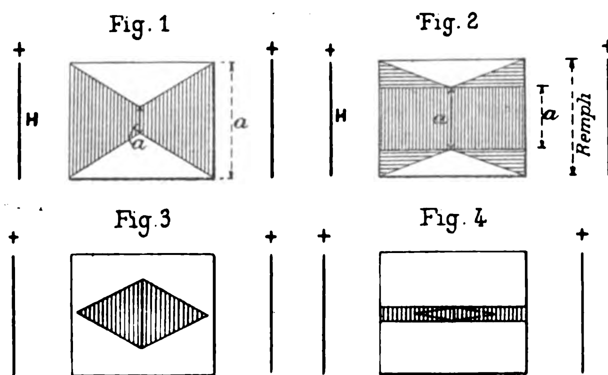


Fig. 1 à 4.

0,0896 gr d'hydrogène. Comme l'ampère-heure sépare 0,037 gr d'hydrogène, il suffit donc de 1 cm^3 de palladium pour obtenir 2,4 ampères-heure; c'est-à-dire que sous une tension de 2 volts, 12 gr de palladium peuvent donner 4,8 watts-heure.

Avec le platine absorbant 1 000 fois son volume d'oxygène, il faut environ 25 gr de métal pour produire 2,4 ampères-heure.

Comme deuxième combinaison, Rousse utilisait le fer en présence des alcalis. D'un poids spécifique égal à 7,8, le fer occlut plus de 200 fois son volume d'hydrogène. Dans ces conditions, 1 cm^3 de fer absorbe 0,0177 gr d'hydrogène et il suffit de 16 gr de fer par ampère-heure. Avec une plaque positive en platine d'un poids de 10 gr par ampère-heure, on trouve ici un poids total de plaques de 26 gr pour produire 2 watts-heure. Par kilogramme de plaques, on obtient donc 80 watts-heure, soit encore 40 watts-heure par kilogramme d'élément.

L'auteur donne quelques explications sur le rôle de l'occlusion. On sait qu'entre deux corps existe une force d'attraction proportionnelle à leur masse et inversement proportionnelle au carré de leur distance. Cette loi est valable pour les molécules d'un même corps; ces molécules ne sont pas en contact, mais séparées par ce qu'on appelle les espaces intermoléculaires. Si nous introduisons des molécules d'hydrogène dans ces espaces intermoléculaires, les forces d'attraction entre les molécules d'hydrogène et les molécules de métal sont souvent plus grandes que celles qui existent pour les molécules de métal entre elles; ces dernières nous sont données approximativement par la résistance mécanique du corps. Nous pouvons en conclure que les forces d'attraction de l'hydrogène suffisent pour que celui-ci prenne la forme fluide dans le métal.

Lorsqu'une partie de cet hydrogène est oxydé avec production d'eau, il en résulte un dégagement de chaleur que l'hydrogène fluide restant porte sur sa température critique; il en résulte un écartement des molécules métalliques, ce qui explique la dégradation de l'électrode. Il importe donc, pour faciliter l'introduction de l'hydrogène, d'éloigner les molécules métalliques entre elles, c'est-à-dire de choisir des métaux dans un état de grande division comme l'éponge de platine.

Si on considère la répartition de l'hydrogène dans la plaque de palladium par exemple, on trouve que la quantité de celui-ci est plus grande sur les surfaces en regard des positives. La figure 1 représente la répartition à la fin de la charge, c'est-à-dire quand la couche superficielle est devenue telle qu'il ne peut plus y avoir absorption d'hydrogène. En laissant ensuite en repos, la répartition s'égalise et prend alors l'aspect de la figure 2. La plaque redevient alors capable d'absorber à nouveau de l'hydrogène, et sa capacité augmente; elle agit donc comme si elle s'était en partie déchargée pendant le repos. A la fin de la décharge, la répartition prend évidemment la forme donnée par la figure 3. A ce moment le repos agit aussi en égalisant l'hydrogène selon la figure 4 et la plaque peut encore décharger. Ainsi s'explique aussi que la capacité croît avec le temps de décharge. A l'état de fine division, les métaux donnent des courbes de décharge et de charge beaucoup plus uniformes parce que le frottement entre les molécules métalliques et les molécules gazeuses est moindre, ce qui rend celles-ci plus mobiles. L. J.

Sur la charge au moyen d'un groupe électrogène portatif à alcool des accumulateurs alimentant les cabestans électriques des petites stations de la Compagnie du Nord, par **E. Sartiaux** et **Cosmann**, ingénieurs de la Compagnie des Chemins de fer du Nord. *Revue générale des Chemins de fer et des Tramways*, 25e année, 2e série, p. 177-183, septembre 1902.

Dans le but d'augmenter la rapidité et la facilité des manœuvres, la Compagnie du Nord étend de plus en plus l'emploi des cabestans électriques [1], dont la première application remonte à l'année 1889. Toutes les gares du réseau où se trouve une usine électrique pour l'éclairage sont pourvues de ces engins de manutention ; il a suffi pour cela d'adjoindre aux groupes électrogènes de l'usine deux batteries d'accumulateurs qui assurent le service des cabestans et grues en dehors des heures d'éclairage, batteries qui ont d'ailleurs en plus l'avantage de soulager les machines électriques au moment de l'éclairage maximum. Dans les gares où il n'y a pas d'usine électrique on a essayé tout d'abord l'emploi de batteries d'accumulateurs volantes. chargées dans une usine voisine et transportées à la station à desservir [2] ; mais ce transport présentant des inconvénients, sur la proposition de M. A. Sartiaux, ingénieur en chef de de l'exploitation, on a adopté une solution en quelque sorte inverse : laisser les batteries à poste fixe et les charger au moyen d'un groupe électrogène installé dans un fourgon et transporté de gare en gare. Cette solution a donné toute satisfaction ; la note de MM. Sartiaux et Cosmann indique comment elle a été pratiquement réalisée et les résultats économiques qu'elle donne.

Moteur. Le moteur du groupe électrogène est un moteur à alcool Bardon, du type pilon, à quatre cylindres ; chaque cylindre fonctionne suivant un cycle à quatre temps et le cycle d'un cylindre se trouve décalé d'un quart de période par rapport à celui du cylindre précédent, de telle sorte que le couple moteur de l'ensemble des quatre cylindres est pratiquement constant, et que les réactions se trouvent très sensiblement équilibrées. Comme organes de réglage, le moteur possède un régulateur centrifuge, actionnant une soupape à lanterne disposée sur l'aspiration des cylindres ; ce régulateur est complété par un robinet réglant la quantité d'air aspirée, de façon à donner au mélange gazeux la meilleure richesse. L'allumage du mélange gazeux est obtenu par une étincelle d'induction, ce qui permet de régler l'avance à l'allumage ; chaque cylindre est desservi par une bobine distincte. Ces bobines sont alimentées par un petit accumulateur dont le courant se trouve distribué par quatre frotteurs décalés de 90° ; les avances à l'allumage s'obtiennent en avançant plus ou moins le collier supportant les quatre frotteurs de distribution.

Dynamo. — La dynamo, montée sur le même bâti de fonte que le moteur, est entraînée par celui-ci, au moyen d'un accouplement élastique, à la vitesse angulaire de 960 tours : minute. C'est une dynamo de la Société « L'Éclairage Électrique », du type à tambour avec inducteur à quatre pôles excités en dérivation ; elle peut débiter 50 ampères sous une tension que l'on peut faire varier de 110 à 150 volts par le rhéostat d'excitation.

Fourgon. — Le groupe électrogène est placé dans un fourgon à frein muni des accessoires suivants : 1° un pot d'échappement ; 2° un réservoir d'eau de 400 litres ; 3° un réservoir d'alcool ou d'essence placé au-dessus du moteur

(1) Pour la description de ces cabestans voir *L'Éclairage Électrique*, t. XV, p. 459, 11 juin 1898.

(2) Cette extension des cabestans électriques à des gares dépourvues d'usines génératrices peut sembler de prime abord onéreuse ; il n'en est rien car la dépense d'électricité occasionnée par une manœuvre est des plus minimes par suite du peu de temps que dure cette manœuvre. De nombreuses expériences faites à la gare de Paris, ont en effet permis de constater que la puissance moyenne exigée par la rotation d'une plaque chargée d'une machine pesant 30 tonnes est de 3 240 watts et que la manœuvre dure 24 secondes, soit une consommation d'énergie de 22 watts-heure environ ; au prix de 0,20 fr le kilowatt-heure, qui est un maximum, chaque manœuvre occasionne donc une dépense d'énergie de 0,44 centime.

Cette dépense est de beaucoup inférieure à celle qui résulte de l'intérêt de l'amortissement du capital immobilisé par la construction d'un cabestan. Ainsi un cabestan du type ordinaire, c'est-à-dire développant à la périphérie un effort tangentiel de 900 kg avec une vitesse angulaire de 19 tours : minute, coûte, mis en place, 5 500 fr, y compris la canalisation. C'est une charge qui, au taux de 9,30 p. 100, représente une dépense de de 512 fr par an, soit 1,40 fr. par jour.

Dans le cas d'un cabestan effectuant 150 manœuvres par jour, les charges du capital représentent une dépense de 0,985 centime par manœuvre ; en y ajoutant la dépense d'énergie, on trouve une dépense totale de 1,375 centime, personnel de manœuvre non compris.

de manière à alimenter le carburateur sous une charge moyenne de 65 cm ; 4° un petit tableau de distribution portant un ampèremètre, un voltmètre, un disjoncteur, un interrupteur, des fusibles et des bornes d'attache des câbles conduisant le courant au point d'utilisation.

Résultats. — Prenant comme exemple la petite station de Goussainville, on peut se rendre compte de l'économie procurée par cette solution.

Dans cette station le nombre des manœuvres journalières est en moyenne de 45 avec wagons de 10 tonnes, pendant neuf mois de l'année, et 225 avec wagons de 30 tonnes, pendant les trois mois de l'expédition des betteraves.

Pour assurer ce service avec des chevaux la dépense annuelle serait :

1 cheval × 9 fr × 30 jours × 9 m =	2 430 fr
2 chevaux × 9 fr × 30 jours × 3 m =	1 620 »
Total	4 050 fr

La manœuvre d'un wagon de 10 tonnes exigeant 0,0253 kilowatt-heure, et celle d'un wagon de 20 tonnes, 0,050 kilowatt-heure, la consommation d'énergie annuelle des cabestans électriques est de

0,0253 × 45 × 30 × 9 =	308 kilowatts-heure
0,050 × 225 × 30 × 3 =	1 012 »
Total	1 320 kilowatts-heure

Le prix de revient du kilowatt-heure aux bornes du cabestan, en tenant compte de la consommation de l'alcool du groupe électrogène, des rendements de la dynamo, de la canalisation et des accumulateurs, étant de 0,0805 fr, il en résulte une dépense annuelle de 1 000 fr.

A cette somme il y a lieu d'ajouter les charges du capital, soit :

1° pour l'installation fixe de Goussainville : bâtiment, 5 850 fr ; cabestans et poupées, 4 850 fr ; accumulateurs, 9 950 fr ; conducteurs, dépenses diverses et pose, 2 800 fr ; au total 23 450 fr à 9,30 p. 100.	2 180 fr
2° Pour le sixième du groupe électrogène (en supposant celui-ci utilisé pour 6 gares) : $\frac{1}{6}$ × 7 000 fr à 9,30 p. 100.	110 »
Total.	2 290 fr.

La dépense totale résultant de la manœuvre électrique est donc d'environ 3 300 fr ; c'est par suite une économie annuelle de 700 fr sur la dépense occasionnée par l'emploi de chevaux. Cette économie augmenterait d'ailleurs considérablement avec le nombre des wagons à tourner, les charges de capital restant les mêmes, et la dépense du courant étant relativement minime, tandis qu'avec l'emploi de chevaux, les dépenses croîtraient très rapidement avec le trafic.

DIVERS

Détermination de la période de la décharge oscillatoire d'un condensateur, par **Mandelstam.** *Drude's Annalen*, t. VIII, p. 123-149, mai 1902.

Dans le circuit de décharge est insérée une dérivation dont l'une des branches renferme une résistance sans induction et un fil thermométrique, l'autre, une self-induction et un second fil thermométrique.

Les deux fils thermométriques passent dans des ampoules de verre, communiquant entre elles par un tube étroit où on a introduit un index liquide ; l'ensemble forme un thermomètre différentiel.

Le principe de la méthode consiste à régler la résistance sans induction de manière que la quantité de chaleur dégagée dans les deux fils par la décharge soit la même. La valeur moyenne de $i^2_1 - i^2_2$ est nulle, ce qui permet de calculer la période en fonction des caractéristiques du circuit[1].

---

[1] Le circuit peut être disposé de deux manières, ainsi que l'indiquent les schémas 1 et 2 (fig. 1 et 2). Les

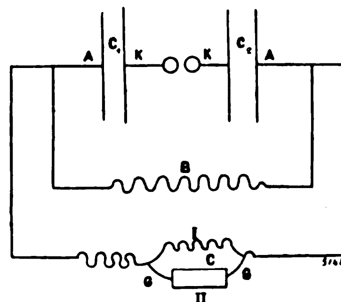


Fig. 1.

armatures externes des deux condensateurs C_1C_2 sont reliées par le circuit ABA, dont la résistance est R et la self-induction L et par une dérivation ACA, sur laquelle

La sensibilité de cette méthode est supérieure à celle des autres méthodes dans lesquelles on cherche à anuller simplement l'effet calorifique : elle est proportionnelle à idi au lieu de l'être à $(di)^2$.

---

est inséré le thermomètre différentiel. Dans le dispositif 1, la portion simple de cette dérivation possède de la self-induction; dans le dispositif 2, elle ne renferme qu'une résistance sans induction. Dans les deux cas, la branche II est formée par une résistance sans induction : la branche I contient une self-induction (schéma 1) ou un condensateur (schéma II).

Il s'agit de calculer les intensités du courant dans les branches I et II. Le calcul rigoureux serait fort compliqué ; mais dans les conditions spéciales où se font les expériences, il est légitime de faire un certain nombre d'approximations qui le simplifient beaucoup.

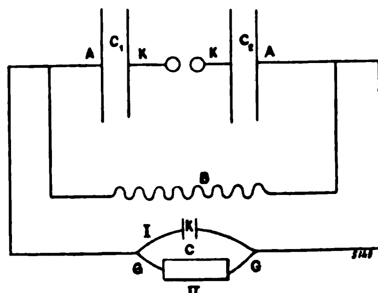


Fig. 2.

Dans les deux dispositifs, on peut remplacer la dérivation ACA et la boucle (I, II) par une dérivation simple à laquelle on attribue des caractéristiques convenablement choisies. Dans le premier dispositif, on supposera la résistance et la self-induction égales respectivement à r et à l; ces valeurs n'interviendront pas, d'ailleurs, pourvu qu'elles soient assez grandes. Dans le deuxième dispositif, on admettra que le circuit ACA ne renferme qu'une résistance sans induction, ce qui est possible à cause de la grande valeur de la résistance II et de la faible capacité de K. Enfin on négligera la résistance de l'étincelle et des conducteurs KK qui relient les condensateurs à l'exploseur et on supposera les deux condensateurs remplacés par un condensateur unique de capacité

$$c = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}.$$

Soit I l'intensité du courant dans ABA, i l'intensité dans la portion simple de ACA. Dans chacun des circuits fermés, on aura :

$$\left.\begin{aligned} L\frac{d^2I}{dt^2} + R\frac{dI}{dt} + \frac{I+i}{c} &= 0 \\ l\frac{d^2i}{dt^2} + R\frac{di}{dt} + \frac{I+i}{c} &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Il est à remarquer que $\frac{1}{\sqrt{cl}}$ et $\frac{1}{\sqrt{cL}}$ sont très grands par rapport à $\frac{r}{l}$ et $\frac{R}{L}$ respectivement.

En éliminant I, on trouve que i doit satisfaire à l'équation différentielle :

$$\frac{d^3i}{dt^3} + \left(\frac{r}{l} + \frac{R}{L}\right)\frac{d^2i}{dt^2} + \left(\frac{1}{cl} + \frac{1}{cL} + \frac{rR}{lL}\right)\frac{di}{dt} + \frac{r+R}{lLc}\, i = 0 \qquad (2)$$

L'intégrale générale de cette équation est de la forme :

$$i = Ae^{-\alpha t} + Be^{-\beta t}\sin\gamma t + Ce^{-\beta t}\cos\gamma t,$$

où $-\alpha$, $-\beta + \gamma\sqrt{-1}$ sont les racines de l'équation algébrique :

$$z^3 + \left(\frac{r}{l} + \frac{R}{L}\right)z^2 + \left(\frac{1}{cl} + \frac{1}{cL} + \frac{rR}{lL}\right)z + \frac{r+R}{lLc} = 0.$$

Comme $\frac{r}{l}$ et $\frac{R}{L}$ sont très petits par rapport à $\frac{1}{\sqrt{cl}}$, ces racines peuvent s'écrire, par approximation :

$$\alpha = \frac{r+R}{l+L} \qquad \beta = \frac{1}{2}\left(\frac{r}{l} + \frac{R}{L} - \frac{r+R}{p+L}\right)$$

$$\gamma = \sqrt{\frac{1}{c}\left(\frac{1}{l} + \frac{1}{L}\right)}.$$

La période d'oscillation du système ABA considéré seul est $2\pi\sqrt{cL}$: elle ne sera pas sensiblement modifiée par l'adjonction de la dérivation ACA, si r et l sont très grands par rapport à R et L.

En définitive, d'après les conditions initiales et en remarquant que α et β sont petits vis à vis de γ, l'expression de i se réduit à :

$$i = Be^{-\beta t}\sin\gamma t.$$

Soient maintenant i_1 et i_2 les intensités dans les branches I et II de la boucle.

Dans le premier dispositif, soient r_2 la résistance de la branche II, sans induction, r_1 (négligeable vis à vis de c_2) la résistance, l_1 la self-induction de la branche I.

$$i_1 = \frac{r_2}{l_1}e^{-\beta t}\sin\gamma t + \frac{Br^2}{l^2+\gamma^2}\cos\gamma t - \frac{B\gamma r}{r^2+\gamma^2}e^{-rt}.$$

$$i_2 = \left(B - \frac{r^2}{l_1}\right)e^{-\beta t}\sin\gamma t - \frac{B\gamma r}{r^2+\gamma^2}\left(e^{-\beta t}\cos\gamma t - e^{-rt}\right)$$

L'équilibre du thermomètre répond à la condition :

$$\int_0^\infty (i_1^2 - i_2^2)\, dt = 0.$$

Il en résulte, en remplaçant i_1 et i_2 par leurs valeurs :

$$\tau = 2\pi\frac{l_1}{r_2}.$$

Il y a un certain nombre de causes d'erreurs qu'il importe de réduire. Ces causes d'erreur sont : la capacité des bobines et des résistances électrolytiques, l'échauffement de ces résistances par le passage du courant, la répartition inégale de l'intensité dans un circuit de grande longueur.

Si le courant de décharge n'est pas sinusoïdal, mais que l'oscillation fondamentale soit accompagnée d'harmoniques, les deux méthodes donnent une période très faible. Si le premier harmonique seul a une amplitude notable, l'emploi simultané des deux méthodes permet de déterminer le rapport de cette amplitude à l'amplitude de l'oscillation fondamentale. M. L.

Sur la mesure des pouvoirs inducteurs au moyen des ondes électriques stationnaires dans les fils, par **P. Drude**, *Drude's Annalen*, t. VIII, p. 387-347, juin 1902.

Il est préférable de substituer à la bobine d'induction un transformateur de Tesla, pour alimenter l'excitateur. On peut alors supprimer l'étincelle auxiliaire et réunir directement les pôles de l'étincelle principale aux extrémités du secondaire du transformateur (1).

Théorie de l'excitateur. — Les ondes électriques induites dans le circuit secondaire de l'excitateur sont d'autant plus intenses que la période propre du circuit limité par le premier pont est plus voisine de celle du primaire. On peut faire varier la période du secondaire en déplaçant le pont. On juge de la résonance en plaçant le tube vide sur les fils secondaires aussi près que possible du cercle : on déplace le pont jusqu'à obtenir le maximum de luminescence.

Cette détermination ne peut se faire avec quelque exactitude que si la liaison magnétique entre le primaire et le secondaire est lâche, c'est-à-dire si la distance entre les deux cercles est assez grande (1 à 3 cm). Ensuite, on mesure la longueur d'onde propre au circuit formé par les fils au delà du pont, en déplaçant sur les fils un second pont.

On trouve 30 cm au lieu de 23,4 cm que donne la théorie, différence qui s'explique par l'augmentation de capacité des fils primaires due au voisinage des fils secondaires.

Si les cercles sont très rapprochés, on obtient dans le secondaire deux périodes induites, d'autant plus différentes que les cercles sont plus rapprochés, ce qui est conforme aux résultats théoriques d'Oberbeck et de Wien. La présence de ces deux ondes ne gêne pas dans les mesures, si on place le tube indicateur sur un nœud de l'une d'elles. Comme on obtient la plus grande sensibilité en mettant le tube à la distance $\frac{\lambda}{4}$ du nœud de la vibration étudiée, il est avantageux de s'arranger de manière que les longueurs d'onde des deux vibrations simultanées soient dans le rapport 2 : 1, ce qui permet de réaliser à la fois les deux conditions énoncées.

L'auteur explique pourquoi les ondes produites par un excitateur Blondlot sont plus intenses quand l'étincelle se trouve du côté où les fils secondaires joignent le cercle. Ce serait l'inverse si les primaire et secondaire n'avaient que des liaisons magnétiques, mais ils agissent aussi électriquement l'un sur l'autre et les deux forces électromotrices induites sont de sens contraires. M. L.

Dans le deuxième dispositif, les intensités i_1, i_2 doivent satisfaire aux équations :

$$\frac{Q_1}{K} = r_2 i_2 \qquad \frac{dQ_1}{dt} = i_1 \qquad i_1 + i_2 Be^{-\beta t} \sin \gamma t$$

où K est la capacité du condensateur, Q_1 sa charge. On tire de là ;

$$\frac{di_2}{dt} + \frac{i_2}{K\tau_2} - \frac{Be^{-\beta t} \sin \gamma t}{K\tau_2} = 0$$

et la condition d'équilibre du thermomètre donne :

$$\tau = 2\pi r_2 K.$$

Tout ce calcul suppose que le régime des courants est quasi-stationnaire, c'est-à-dire que l'intensité a partout la même phase ; on suppose aussi que la capacité, la self-induction, la résistance sont indépendantes de la fréquence.

(1) Le transformateur est de construction symétrique. Les pôles de la bobine d'induction sont reliés à deux cylindres de zinc entre lesquels éclatent des étincelles de 2 mm environ de longueur. De ces cylindres partent d'autre part deux gros fils isolés (1 à 2 mm), qui viennent s'enrouler sur un tambour en bois de 12 cm de diamètre, sur lequel ils forment chacun deux spires et demie, de sens contraire, puis aboutissent aux armatures d'une bouteille de Leyde (diamètre extérieur, 6,3 cm ; épaisseur du verre 2 mm et demi ; hauteur des armatures, 10 cm). Les cinq spires enroulées sur le tambour constituent le primaire du transformateur. Le secondaire est formé par 280 spires de fil de cuivre nu de 1 mm de diamètre, enroulé dans un pas de vis creusé sur un cylindre en ébonite de 6 cm.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XXXIII — Samedi 8 novembre 1902. — 9e Année. — N° 45.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

SYSTÈMES DE COMPOUNDAGE DES DYNAMOS A COURANT CONTINU POUR VITESSE VARIABLE

Quand le nombre de tours d'une dynamo à excitation indépendante d'intensité constante augmente, la tension aux bornes augmente dans les mêmes proportions.

Une dynamo excitée en dérivation, s'amorce à une vitesse donnée (1); la vitesse croissant, la tension croît dans des proportions plus fortes, puis, après saturation la tension est proportionnelle à la vitesse.

(1) La dynamo ne peut s'amorcer que quand la tension, due au magnétisme rémanent, est suffisante pour donner dans l'enroulement excitateur un nombre d'ampèretours dépassant celui correspondant à l'origine du coude de la caractéristique à vide. Ceci est explicable si l'on réfléchit que l'on est en somme dans le cas d'une machine série avec circuit extérieur (qui est le circuit d'excitation en dérivation) de grande résistance; on peut du reste démontrer le fait directement.

On a pour une machine donnée

$$E = K.N\Phi.$$

E étant la tension, N le nombre de tours par minute, Φ le flux magnétique et K une constante; dans la partie en ligne droite de la caractéristique à vide, le flux est proportionnel à l'intensité du courant d'excitation, ou à la tension, on a donc $\Phi = K'E$ d'où

$$E = KK'NE,$$

équation qui ne peut être réalisée que pour $E = 0$ ou $E = \infty$.

Quand la dynamo est amorcée le flux est donc toujours plus grand que celui correspondant à l'origine du coude de la caractéristique.

Une dynamo ayant deux enroulements excitateurs, l'un indépendant parcouru par le courant d'intensité constante, l'autre placé en dérivation aux bornes, donne une tension ayant une valeur finie quand la vitesse tend vers l'infini, si les ampèretours des deux enroulements sont opposés.

Si l'on met en marche la dynamo, l'enroulement séparé étant parcouru par le courant d'intensité constante, la tension croît d'abord rapidement, puis ensuite très lentement et tend vers une limite finie. La courbe de la figure 1 donne la tension en fonction de la vitesse.

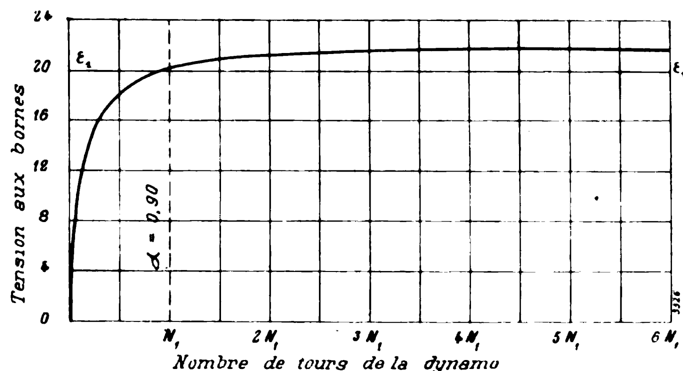


Fig. 1.

Si on met en marche la dynamo munie de l'enroulement en dérivation, et si on lance le courant d'intensité constante dans l'enroulement séparé, quand la tension a une certaine valeur, de manière que les ampèretours d'excitation indépendante prédominent, la tension diminue brusquement et prend une valeur déterminée; si on augmente alors la vitesse de la machine, la tension baisse; pour une vitesse infinie, la tension tend vers une limite finie. La courbe de la figure 2 donne la variation de la tension en fonction de la vitesse.

On peut étudier théoriquement les deux cas.

1° *La dynamo est mise en marche munie de l'excitation séparée.*

Il est facile de voir que la tension ne peut dépasser une valeur donnée; en effet, si les ampèretours de l'excitation en dérivation arrivent à être égaux aux ampèretours de l'excitation indépendante, le flux devient nul.

Soit A_e les ampèretours de l'excitation indépendante, E la valeur de la tension à un moment donné, r la résistance de l'enroulement en dérivation, et n le nombre de spires; les ampèretours de l'excitation en dérivation sont $\frac{n . E}{r}$. La valeur maximum E_m de la tension est donnée par la relation

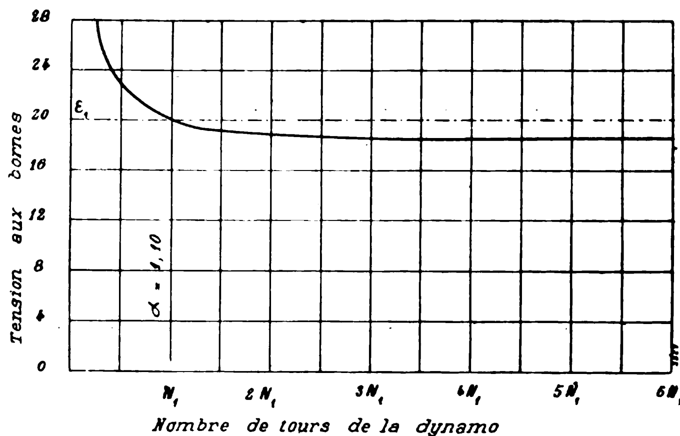


Fig. 2.

$$\frac{n E_m}{r} = A_e, \qquad E_m = \frac{r A_e}{n}.$$

Si, à la vitesse minimum à laquelle la dynamo doit fonctionner, la tension étant E_1, les ampèretours d'excitation étant A_s $\left(A = \frac{n E_1}{r}\right)$, le flux est proportionnel aux ampèretours (partie en ligne droite de la caractéristique à vide), on a :

$$E_1 = K N_1 (A_e - A_{s_1});$$

à N tours, N étant plus grand que N_1, on aura :

$$E = KN(A_c - A_s) \quad \text{et} \quad A' = \frac{E}{E_1} A_{s1}.$$

On tire de ces relations :

$$\frac{E}{E_1} = \frac{N}{N_1} \frac{A_c}{A_c - A_{s1} + \frac{N}{N_1} A_{s1}};$$

en posant, $\frac{A_{s1}}{A_c} = \alpha$, α étant plus petit que l'unité, on a :

$$\frac{E}{E_1} = \frac{\frac{N}{N_1}}{1 - \alpha + \alpha \frac{N}{N_1}}.$$

Pour $\frac{N}{N_1} = \infty$, on a

$$\frac{E}{E_1} = \frac{1}{\alpha}$$

il est facile de voir que si α est voisin de l'unité, E diffèrera très peu de E_1 c'est-à-dire que la tension augmentera très peu quand la vitesse augmentera. Le tableau suivant donne les valeurs de $\frac{E}{E_1}$ pour diverses valeurs de α et diverses vitesses, la vitesse minimum étant prise comme unité.

VALEURS de $\frac{N}{N_1}$	VALEURS DE α					
	0,95	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50
2	1,03	1,05	1,11	1,18	1,25	1,33
3	1,04	1,07	1,15	1,25	1,36	1,50
4	1,04	1,08	1,18	1,30	1,43	1,60
5	1,04	1,09	1,19	1,32	1,47	1,67
6	1,05	1,09	1,20	1,33	1,50	1,72
∞	1,05	1,11	1,25	1,43	1,67	2,00

Le principe exposé ci-dessus a été complètement vérifié par des essais entrepris sur une dynamo de la Compagnie générale d'électricité de Creil. Cette dynamo bipolaire de la série courante de cette société donne normalement 107 volts et 10 ampères à une vitesse de 1 500 tours par minute.

Les enroulements de chacun des pôles avaient une résistance de 48 ohms, l'un a été pris comme circuit d'excitation indépendante, celui de l'autre pôle comme enroulement à excitation en dérivation.

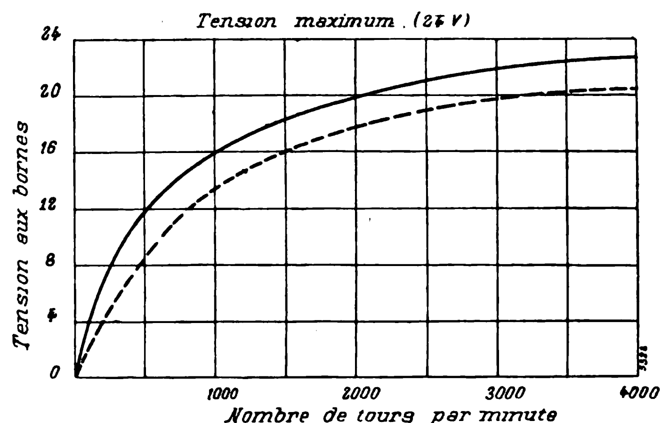


Fig. 3.

La courbe en trait plein (fig. 3), donne la valeur de la tension aux bornes à vide, en fonction de la vitesse; l'intensité du courant d'excitation indépendante était de 0,5 ampère. La tension maximum correspond à un courant de 0,5 ampère dans l'autre enroulement, les nombres de spires étant égaux; elle est donc de $0{,}5 \times 48 = 24$ volts.

La courbe en pointillé donne la différence de potentiel aux bornes pour une charge de 10 ampères dans le circuit extérieur; le fonctionnement dans les limites de vitesse que l'on a pu atteindre (3 000 tours) a été irréprochable, on n'a pas eu à changer le calage des balais et on n'a eu aucune étincelle.

Dans le cas d'une dynamo construite spécialement, on s'arrangera pour que, à la vitesse minimum à laquelle la dynamo doit commencer à fonctionner, le flux agissant, dû aux ampèretours $A_c - A_{s_1}$, corresponde à l'origine du coude de la caractéristique à vide. Si a représente les ampèretours agissants $A_c - A_s$, c'est-à-dire les ampèretours correspondant à un enroulement unique donnant au même nombre de tours la même tension, on aura, comme ampèretours, pour l'excitation indépendante :

$$A_c = \frac{a}{1 - \alpha}$$

et comme ampèretours pour l'excitation en dérivation

$$A_s = \frac{\alpha a}{1 - \alpha}$$

par exemple pour $\alpha = 0{,}90$ on aura $A_c = 10\,a$, $A_s = 9\,a$, c'est-à-dire que la dynamo devra avoir beaucoup de cuivre.

2° *L'excitation en dérivation prédomine.*

Si à la vitesse minimum N_1, la tension est E_1; on a :

$$E_1 = KN_1\,(A_{s_1} - A_c);$$

à la vitesse N, on aura :

$$E = KN\,(A_s - A_c) \qquad A_s = \frac{E\,A_{s1}}{E_1}$$

$$E = KN\left(\frac{E}{E_1} A_{s_1} - A_c\right). \qquad \frac{E}{E_1} = \frac{\frac{N}{N_1} A_c}{A_c - A'_1 + \frac{N}{N_1} A_{s_1}}.$$

En posant $\frac{A_{s_1}}{A_c} = \alpha$, α étant plus grand que l'unité, on a :

$$\frac{E}{E_1} = \frac{\frac{N}{N_1}}{1 - \alpha + \alpha\,\frac{N}{N_1}}.$$

On voit que E diminue au fur et à mesure que $\frac{N}{N_1}$ augmente, mais que si α est voisin de l'unité, la diminution est faible.

Le tableau suivant donne les valeurs de $\frac{E}{E_1}$ pour diverses valeurs de α, et diverses vitesses, la vitesse minimum étant prise pour unité.

VALEURS de $\frac{N}{N_1}$	VALEURS DE α					
	1,05	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
2	0,97	0,95	0,91	0,87	0,82	0,80
3	0,97	0,94	0,88	0,83	0,79	0,75
4	0,96	0,93	0,87	0,82	0,77	0,73
5	0,96	0,93	0,86	0,81	0,76	0,71
6	0,95	0,92	0,86	0,80	0,75	0,70
∞	0,95	0,91	0,83	0,77	0,71	0,67

Pour avoir une bonne régulation, il faudra prendre α très voisin de l'unité, c'est-à-dire que, comme dans le cas précédent, la dynamo devra avoir beaucoup de cuivre pour l'excitation.

Des dynamos des types indiqués peuvent être employées toutes les fois que l'on veut obtenir une tension à peu près uniforme au moyen d'un arbre moteur dont la vitesse varie dans de grandes proportions, par exemple dans le cas d'éclairage au moyen de moteurs hydrauliques à vitesse variable, de moulins à vent ou pour l'éclairage des voitures de chemins de fer ou des trains, la puissance étant empruntée à un essieu.

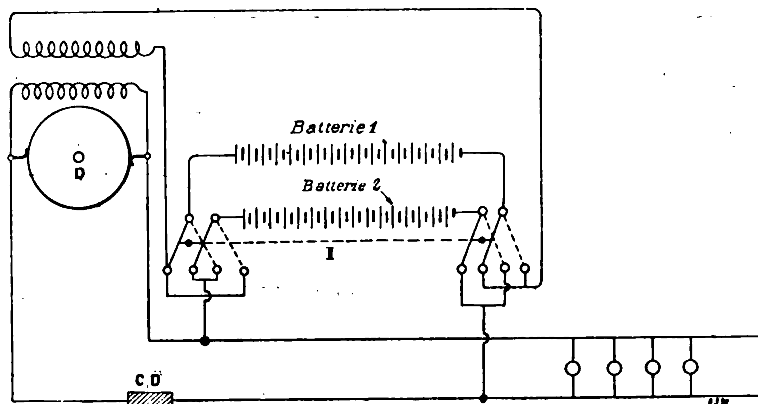


Fig. 4.

Une dynamo du premier genre (excitation indépendante prédominante) exige l'emploi d'une batterie d'accumulateurs, car au moment où la dynamo démarre, le courant doit circuler dans l'excitation indépendante.

Une telle dynamo convient donc bien pour assurer l'éclairage des trains, dans lesquels une batterie d'accumulateurs doit assurer l'éclairage pendant les arrêts.

On peut employer les modes de montage suivants.

1° *Emploi de deux batteries d'accumulateurs* (fig. 4). — On peut prendre deux batteries identiques, l'une assurant l'éclairage concurremment avec la dynamo, l'autre desservant l'excitation indépendante.

Un inverseur I permet de remplacer une batterie par l'autre.

Un conjoncteur disjoncteur CD, met la dynamo en service dès que la vitesse du train est suffisante. Sur le schéma, la batterie n° 1 assure l'excitation indépendante.

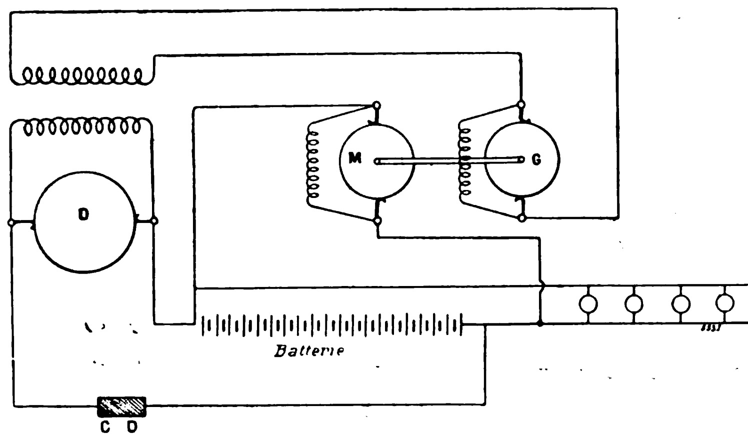


Fig. 5.

2° *Emploi d'une seule batterie assurant en même temps l'éclairage* (fig. 5). — Le courant d'excitation indépendante est fourni par une petite génératrice G actionnée par un moteur M, excité en dérivation, branché aux bornes de la batterie. Le moteur fonctionnant avec un flux inférieur à celui correspondant à l'origine du coude de la caractéristique à vide, conservera une vitesse constante, quoique la tension à ses bornes varie légèrement.

3° *Emploi d'un groupe moteur générateur assurant l'éclairage et l'excitation indépendante.* — Ce montage plus complexe, indiqué schématiquement sur la figure 6, convient

pour un éclairage de luxe, la tension aux bornes des lampes pouvant être maintenue rigoureusement constante, même au moment des arrêts, où la batterie remplace la dynamo à vitesse variable.

Un moteur shunt M, branché aux bornes de la batterie, actionne une génératrice G, desservant à la fois le circuit de l'excitation séparée et de l'éclairage. Le moteur M fonctionnant dans la partie en ligne droite de sa caractéristique à vide, aura une vitesse constante, (et même dans le cas où la charge de la génératrice varie, on peut munir ce moteur d'un petit enroulement série, maintenant la vitesse constante). La dynamo G pourra être compoundée pour tension constante quelle que soit la charge.

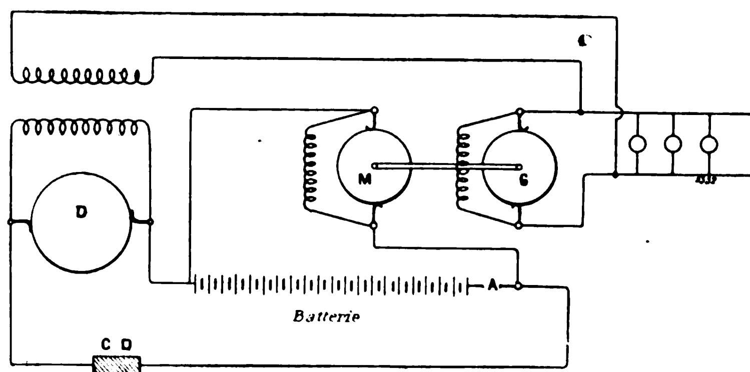


Fig. 6.

Dans ce cas, la dynamo actionnée par l'essieu peut donner une tension moins constante que dans le cas d'éclairage direct, elle sera par conséquent d'un prix moins élevé, ayant moins de cuivre pour les enroulements.

La tension pourra même au besoin varier dans d'assez grandes limites ; il suffira alors pour empêcher la détérioration de la batterie que le conjoncteur disjoncteur fermant le circuit, intercale en A une résistance de valeur appropriée. Quand le disjoncteur rompra le circuit, cette résistance sera retirée et la batterie actionnera directement le moteur M.

Dans tous ces dispositifs, si le sens de marche du train est inversé, il suffira, pour que le fonctionnement soit régulier, que les balais de la dynamo montée sur l'essieu (supposée bipolaire) tournent de 180°.

Dans ces modes d'éclairage, la batterie doit avoir juste la capacité nécessaire pour assurer l'éclairage pendant les arrêts, tandis que dans les systèmes avec compoundage en série, l'intensité du courant pouvant être très élevée, la batterie doit avoir une capacité notable pour ne pas être détériorée par le courant.

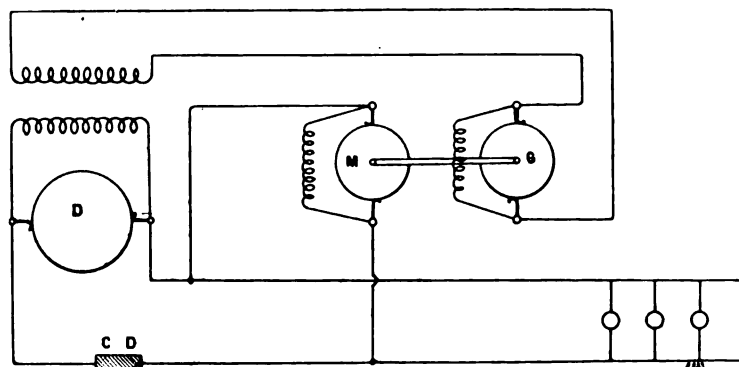


Fig. 7.

Dans le cas où l'on ne veut pas employer de batterie d'accumulateurs, on peut employer une dynamo du second genre (excitation en dérivation prédominante) ou deux dynamos en série, l'une du premier genre, l'autre du second genre.

Dans le cas où l'on emploie une dynamo du second genre, le montage peut se faire comme l'indique la figure 7. Un petit moteur M excité en dérivation est branché aux bornes de la dynamo D montée sur l'arbre à vitesse variable, et commande une génératrice G des-

servant le circuit d'excitation indépendante. Dès que la vitesse de la dynamo D atteint une certaine valeur, le moteur M démarre et la génératrice G fournit du courant qui tend à démagnétiser la dynamo D. Si la vitesse de la dynamo D croît rapidement jusqu'à la valeur minimum N_1, la tension monte, le conjoncteur disjoncteur ferme, et la tension se maintient dans les limites voulues.

Si la vitesse de la dynamo D reste inférieure à N_1, le courant démagnétisant l'emporte, la tension aux bornes baisse, et le moteur M s'arrête, il se met ensuite de nouveau en marche et continue ainsi tant que D n'a pas atteint la vitesse minimum fixée N_1.

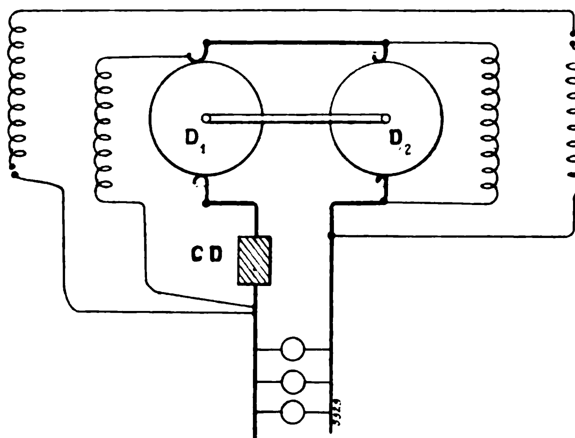


Fig. 8.

Dans le cas d'emploi de deux dynamos, une de chaque genre, disposées sur l'arbre à vitesse variable et mises en série, le montage peut se faire comme l'indique la figure 8.

La dynamo D_1 est du premier genre ($\alpha < 1$), la dynamo D_2 du deuxième genre ($\alpha > 1$). Quand la dynamo démarre, le circuit commun d'excitation séparé, et le circuit en dérivation de la dynamo D_1 sont coupés, le conjoncteur CD n'ayant pas agi.

La dynamo D_2 est seule munie de son excitation dérivée.

Quand la tension de D_2 a atteint une valeur suffisante, le conjoncteur disjoncteur CD fermé, le courant d'excitation séparée circule et ensuite la dynamo D_1 s'excite ; si la vitesse est suffisante, la régulation se produit, et la tension aux bornes de l'ensemble des deux dynamos se maintient fixe.

Il y a lieu de remarquer que les valeurs de α des deux dynamos peuvent différer notablement de l'unité, c'est-à-dire que ces deux machines peuvent avoir un poids de cuivre relativement faible, la régulation étant quand même très bonne.

On peut, les deux dynamos ayant même tension à N_1 tours, prendre, par exemple, pour D_1, $\alpha = 0{,}70$, et pour D_2, $\alpha = 1{,}50$, et on aura comme tension totale : à N_1 tours, $2\ \varepsilon_1$; à $N = 2N_1$ tours, $1{,}98\ \varepsilon_1$; à $N = 3N_1$ tours, $2{,}00\ \varepsilon_1$; à $N = 4N_1$ tours, $2{,}03\ \varepsilon_1$; à $N = \infty$, $2{,}10\ \varepsilon_1$.

On peut également donner aux deux dynamos à N_1 tours des tensions différentes, et avoir une bonne régulation, ainsi que le montrent les deux tableaux donnant les variations de tension pour diverses vitesses et diverses valeurs de α.

Ce dernier genre de montage peut être employé avec succès quand on a un éclairage à assurer avec un moteur hydraulique à vitesse variable, une roue de moulin par exemple.

F. Loppé.

***

ANOMALIES
DE LA COMPOSANTE HORIZONTALE DU MAGNÉTISME TERRESTRE
SUR LE PUY-DE-DOME

L'étude que M. B. Brunhes et moi avions entreprise, au sujet de la déclinaison magnétique (1), nous avait montré l'existence d'une anomalie considérable sur le Puy-de-Dôme même ; il était donc intéressant de continuer cette étude des éléments magnétiques. Ce qui suit a trait à l'étude de la composante horizontale du champ magnétique terrestre dans la même région, c'est-à-dire sur le sommet même de la montagne.

Grâce aux bienveillants conseils de M. Brunhes, j'ai pu employer ici une méthode de mesures relatives, très commode et rapide.

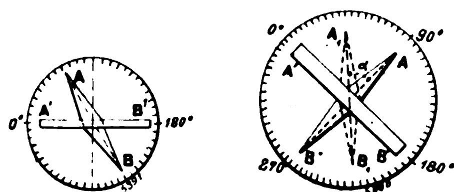


Fig. 1 et 2.

L'appareil employé est une boussole d'arpentage transformée en boussole des sinus et les mesures peuvent être faites à 5' près.

On opère de la façon suivante : Après avoir placé au-dessus de l'aiguille mobile AB, un barreau A'B' fixé dans la direction 0° — 180° du cercle divisé (fig. 1), on tourne toute la boussole jusqu'à amener l'aiguille AB dans la ligne 90° — 270° prise pour repère (fig. 2), c'est-à-dire de façon à amener l'aiguille mobile, à être perpendiculaire au barreau fixe orienté suivant 0° — 180°.

On enlève alors le barreau déviant A'B', l'aiguille s'oriente sous l'action du champ terrestre seul et prend une position A_1B_1 faisant l'angle α avec le repère 90°-270°. On s'arrange de façon que cet angle α soit voisin de 45° ; il suffit pour cela, de choisir convenablement la hauteur du support qui porte le barreau A'B'.

Dans ces conditions, si K représente l'action du barreau fixe sur le pôle A de l'aiguille mobile et H la composante horizontale du champ terrestre, on a :

$$H \sin \alpha = K$$

c'est-à-dire que les valeurs de H en divers points, varient en raison inverse des sinus des angles α de déviation.

Donc :

$$\frac{H}{H'} = \frac{\sin \alpha'}{\sin \alpha}$$

La lecture directe qu'on fait ici en partant du zéro de la graduation, est :

$$\beta = 90° - \alpha$$

Donc :

$$\frac{H}{H'} = \frac{\cos \beta'}{\cos \beta}$$

Posons maintenant :

$$\beta = 45° + \gamma$$

(1) *L'Éclairage Électrique*, t. XXXII, p. 323, 30 août 1902.

γ étant toujours relativement petit, on a :

$$\cos \beta = \cos 45^\circ \cos \gamma - \sin 45^\circ \sin \gamma = \frac{\sqrt{2}}{2} [1 - \sin \gamma]$$

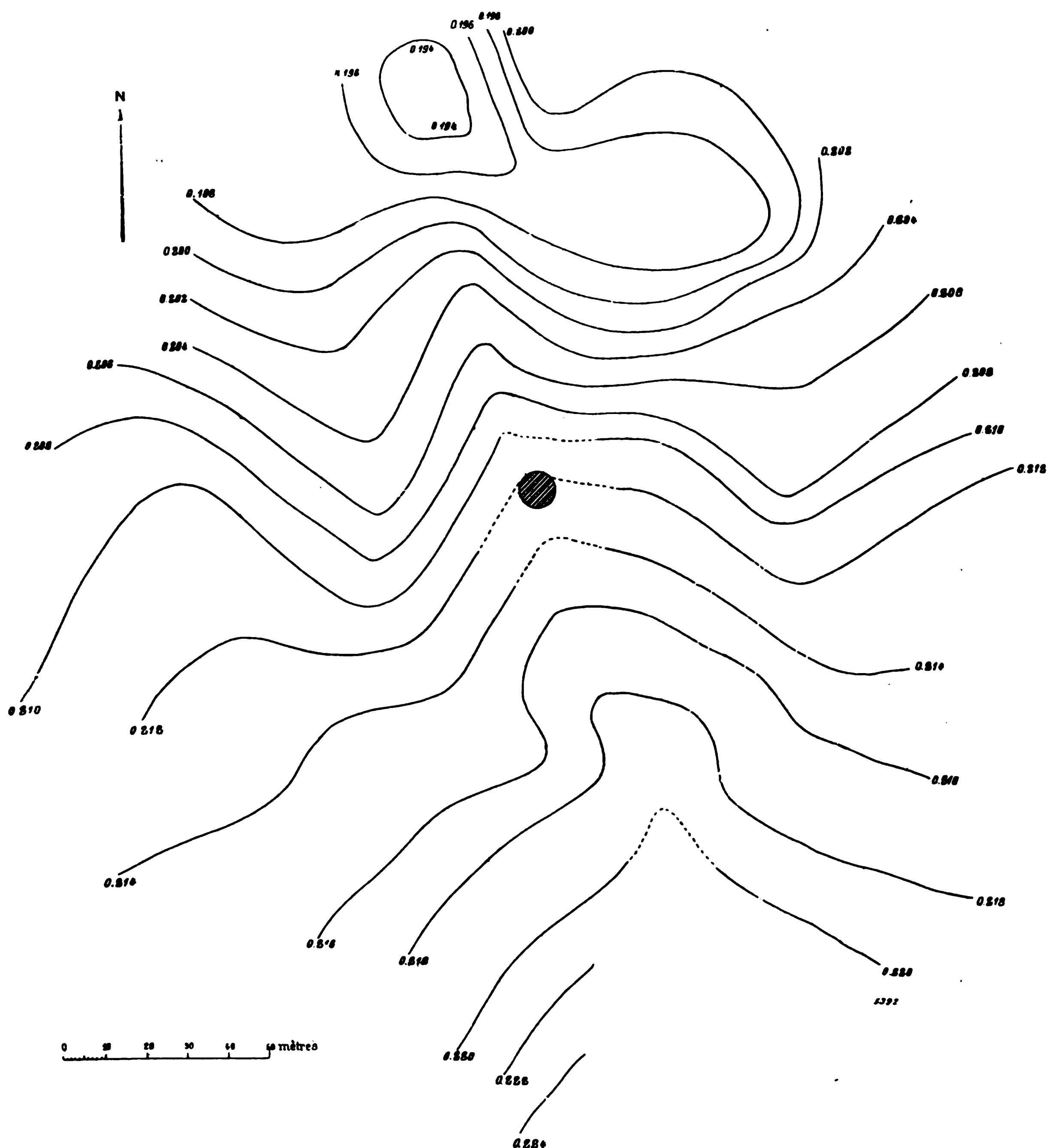


Fig. 3. — Lignes d'égale composante horizontale au Puy-de-Dôme.

et si on prend comme valeur moyenne H_0, celle correspondant à une déviation de 45°, on a :

$$H_0 = \frac{K}{\sin 45^\circ}$$

Posant :

$$H = H_0 + h = H_0 \left[1 + \frac{h}{H_0} \right],$$

on a :

$$H_0 \left[1 + \frac{h}{H_0} \right] \cos 45^\circ [1 - \sin\gamma] = H_0 \cos 45^\circ$$

et

$$1 + \frac{h}{H_0} = \frac{1}{1 - \sin\gamma}$$

ou, en négligeant $\sin^2 \gamma$, puisque γ est toujours petit, on a :

$$1 + \frac{h}{H_0} = 1 + \sin\gamma \quad \text{et} \quad \frac{h}{H_0} = \sin\gamma,$$

γ étant l'écart positif ou négatif à 45°.

Si β lu est plus grand que 45°, h est positif ; il y a composante plus grande que la valeur moyenne H_0. Si β lu est plus petit que 45°, h est négatif et la composante est plus petite que H_0.

Quelques mesures absolues de la composante horizontale, faites, à l'aide de la boussole de Brunner, appartenant à l'Observatoire du Parc Saint-Maur, et en des points où on a déjà fait des mesures relatives, permettent de déduire facilement les valeurs de la composante horizontale, en chaque point, et l'erreur ne dépasse pas 5 unités du 4e ordre pour ces valeurs.

L'avantage de la méthode, employée sous cette forme, est qu'elle fait connaître la composante Nord-Sud du vecteur troublant exactement avec la même précision que la mesure de la déclinaison par la même boussole en fait connaître la composante Est-Ouest.

La carte ci-jointe donne le tracé des lignes d'égale composante horizontale ; en traits pleins, le tracé sûr ; en pointillé, le tracé probable. (Les mesures n'ont pas été faites au voisinage immédiat de la tour où les valeurs sont très irrégulières, c'est ce qui est laissé en pointillé au centre de la feuille.) On rapprochera cette carte de la carte des isogones donnée au t. XXXII, p. 324.

Pierre David,

Aide-Météorologiste à l'Observatoire du Puy-de-Dôme
(Station de la Montagne).

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION

Entretien des collecteurs et des bagues, par **R. Hellmund**. *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 824, 11 septembre 1902.

Si les électriciens sont unanimes à reconnaître que les collecteurs et les bagues des dynamos réclament des soins particuliers, il n'y a plus cependant le même accord sur le traitement qui convient le mieux à leur conservation. D'un atelier à un autre, les procédés varient à l'infini et il ne faut pas trop s'étonner de ces divergences quand on songe que la bonne marche d'une machine électrique exige souvent des conditions incompatibles avec le bon entretien de ces organes. Par exemple, les machines carac-

térisées par une mauvaise commutation demandent une grande résistance de contact des balais pour fonctionner sans étincelles ; mais alors l'échauffement dû au courant est une cause permanente de perte d'énergie et compromet l'isolant des lames du collecteur ; on éliminerait ces deux dernières causes en employant une résistance de contact aussi faible que possible. L'auteur a essayé de jeter un peu de lumière sur ces différents points en procédant à des essais méthodiques sur des balais métalliques et des balais en charbon.

I. *Balais métalliques.* — Quand on emploie des balais métalliques, on ne peut éviter l'usure des parties frottantes qu'en lubrifiant les surfaces en contact; mais ce moyen reste subordonné à d'autres circonstances qui peuvent le rendre impra-

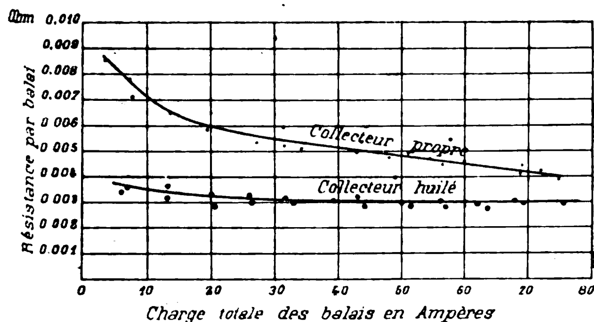


Fig. 1. — Collecteur poli : balais en toile de laiton.

ticable, par exemple l'augmentation de résistance au contact des balais. Il importe donc d'établir l'influence que peuvent avoir les huiles ou les corps gras sur cette résistance On se sert pour cela d'un anneau en cuivre rouge sur lequel frottent deux balais isolés l'un de l'autre. En les faisant traverser par un courant d'intensité connue et mesurant la différence de potentiel aux bornes, on déduit la valeur de la résistance au contact sous différentes charges. La vitesse périphérique de l'anneau était en général de 8 m par seconde; quant à la pression des balais, il n'a pas été possible de la déterminer ; on s'est donc contenté de la maintenir constante dans les mesures qui devaient être comparées. Tous les essais d'une même série ont été faits à charge croissante et décroissante, et répétés plusieurs fois. Tout d'abord on a employé des balais en toile de laiton, dont la surface de contact avait environ 90 mm². On huile légèrement le collecteur, puis on le fait tourner quelques instants jusqu'à ce que sa surface soit bien polie; enfin on l'essuie convenablement. Une première série

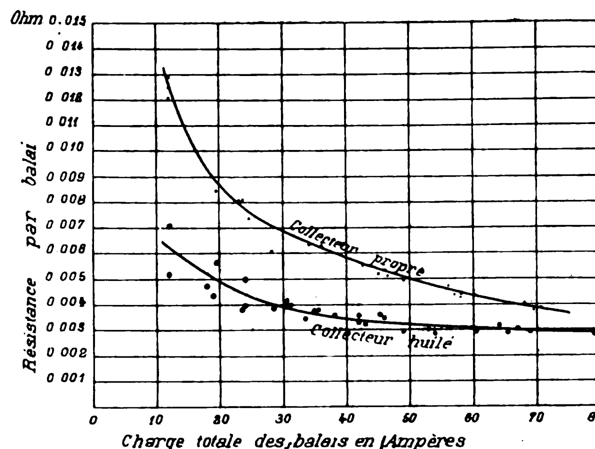


Fig. 2. — Collecteur poli : balais en toile de cuivre.

d'expériences a donné les résultats consignés dans les deux tableaux ci-dessous.

I. *Collecteur propre.*

INTENSITÉ du courant en ampères.	RÉSISTANCE par balai en ohms.
69	0,004425
72	0,004225
60	0,004575
54	0,004725
48	0,004800
43	0,005000
38	0,005125
32	0,005300
26	0.005400
19.5	0.005900
13,8	0,006500
7	0,007850
3,5	0,008550
7	0.007150
14	0,006450
20	0,006000
32	0,005950
44	0.005450
51	0,004900
56	0,004550
62	0,004425
69	0,004125
74,5	0.003960

II. *Collecteur huilé.*

INTENSITÉ du courant en ampères.	RÉSISTANCE par balai en ohms.
7	0,003575
14	0,003575
20	0,003250
26	0,003275
32	0,003125
39	0,003075
44	0,003175
51,5	0,002925
56	0,003050
63	0,002850
68	0,003025
75,5	0,002925
69	0,002975
62	0,002975
56,5	0,002925
50	0,002900
45	0,002900
33	0,003025
26,5	0,003025
20,5	0,002925
14	0.003225
6,5	0,003450

Ces résultats sont représentés graphiquement dans la figure 1, alors que la figure 2 résume des expériences analogues, mais avec balais en cuivre. Une série d'autres mesures exécutées

dans des conditions à peu près identiques ont aussi conduit à cette conclusion que le graissage à l'huile des surfaces frottantes diminue la résistance de contact.

On parvient à des résultats un peu différents si on se contente d'un polissage grossier qui donne au collecteur un aspect rugueux. Les courbes de la figure 3 se rapportent à des balais

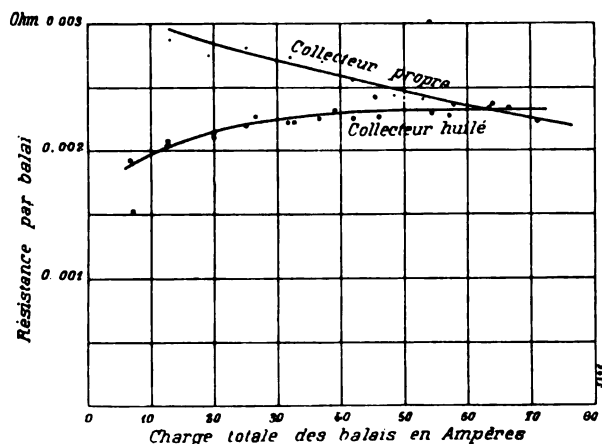


Fig. 3. — Collecteur rugueux. — Balais en toile de laiton.

en toile de laiton; celles de la figure 4, à des balais en toile de cuivre. Au point de vue pra-

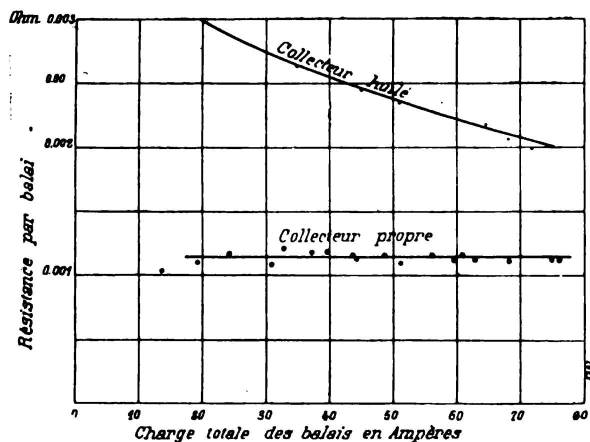


Fig. 4. — Collecteur rugueux. — Balais en toile de cuivre.

tique, ces deux cas ont peu d'intérêt, car les troubles qui résultent au début de la marche disparaissent au bout de peu de temps. Ces expériences ont eu simplement pour but de montrer jusqu'à quel point l'influence de l'huile dependait de l'état des surfaces frottantes et vraisemblablement aussi de la nature des métaux en contact. Quand bien même, d'ailleurs, la lubrification des collecteurs n'aurait pas pour conséquence une diminution de la résistance de contact, il n'en reste pas moins établi, par les deux premières expériences, qu'elle n'augmente pas la perte ohmique ou du moins qu'elle la compense amplement par la réduction des pertes dues au frottement. Dans tous les cas où l'on veut avoir une faible résistance de contact, c'est-à-dire, dans les bagues et collecteurs de machines qui ont une bonne commutation, il ne faut pas hésiter à recourir au graissage par l'huile.

Voyons maintenant le traitement qui convient le mieux aux collecteurs des machines qui ont une mauvaise commutation. Le lubrifiant doit

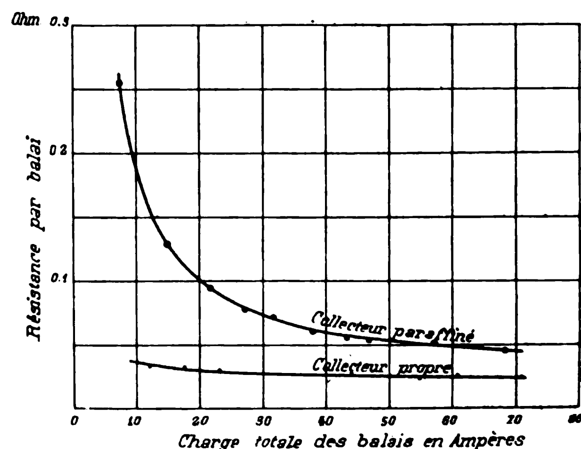


Fig. 5. — Collecteur graissé avec un mélange de talc et et de parafine ; balais métalliques.

empêcher l'usure des parties frottantes et en même temps accroître la résistance de contact des balais. On trouve, dans le commerce, un certain nombre d'ingrédients qui rendent certainement d'excellents services parce qu'ils suppriment les étincelles aux balais, mais ils ont l'inconvénient d'augmenter les pertes ohmiques et de provoquer un échauffement exagéré du collecteur. Les résultats représentés par la figure 5 se rapportent à une substance dure, constituée par de la paraffine et du talc. On y remarque que, pour les intensités usuelles, la résistance a augmenté du double par suite du graissage, ce qui n'a pas de trop graves inconvénients avec des collecteurs largement dimensionnés. En fait, le susdit mélange appliqué à de vieilles dynamos à haute tension encore munies

de balais métalliques, a permis sans trop d'usure des parties en contact d'obtenir une bonne marche sans étincelles, résultat que l'on n'avait pas encore atteint jusqu'ici. Aujourd'hui on a recours, dans ces cas particuliers, à des balais en charbon qui sont d'une manipulation beaucoup plus facile.

II. *Balais en charbon.* — En général les balais en charbon n'entament pas le métal sur lequel ils frottent et on peut se dispenser de tout graissage avec des collecteurs et des bagues bien tournés, polis et avec des balais dont la courbure s'adapte parfaitement à la surface de contact. Un chiffon suffit pour le nettoyage; rarement on devra recourir au papier émeri qui déforme les pièces tournées. La lubrification à l'huile peut cependant être appliquée à ces

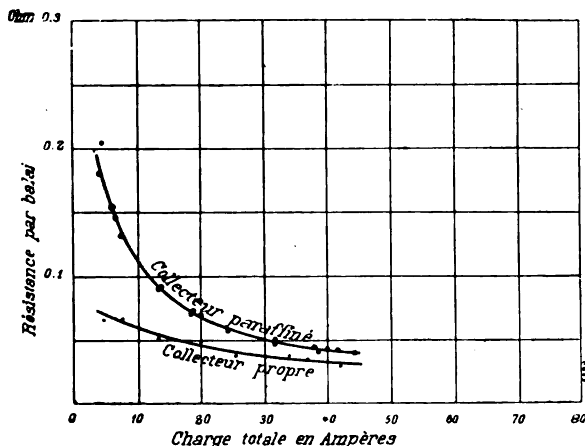


Fig. 6. — Collecteur graissé avec un mélange de talc et de paraffine ; balais en charbon.

balais sans qu'elle entraîne une perte ohmique sensible; mais ce procédé provoque d'autres désagréments et, en définitive, il n'est pas recommandable. La surface du collecteur, en effet, se recouvre au bout de quelque temps d'une pâte formée d'huile et de particules de charbon qui établissent des courts-circuits entre les lames et, avec des machines à haute tension, des étincelles éclatent entre balais. Les substances solides appliquées au graissage des balais en charbon sont aussi suceptibles de rendre de grands services en ce sens qu'elles empêchent la formation d'étincelles, tout en ne laissant aucun résidu graisseux; néanmoins il faut en user avec beaucoup de circonspection, car, aussitôt après le graissage, la résistance de contact devient si grande, qu'on risque de provoquer une étincelle, comme si on ouvrait le circuit. L'auteur a essayé son mélange de talc et de paraffine sur des balais en charbon et a obtenu les résultats consignés dans la figure 6 qui peut servir de critérium pour l'emploi de ce graissage. Il est parvenu, comme avec les balais métalliques, à supprimer complètement les étincelles de machines présentant une mauvaise commutation. L'usage de charbons à haute résistance remplit plus simplement le même office.

III. *Remarques générales.* — La pression à donner aux balais est toujours celle qui absorbe le moins d'énergie; mais on ne la connaît pas *a priori*. Aussi convient-il de la choisir toujours aussi faible que possible; car, d'après les expériences de Dettmar, les pertes dues au frottement surpassent de beaucoup les pertes ohmiques. Dans bien des cas même, une forte pression des balais ne supprime pas les étincelles, contrairement à l'opinion généralement admise. On ne doit l'employer que si la machine est exposée à de forts ébranlements et qu'on pourrait redouter la formation d'étincelles par suite de la vibration des balais. C'est toujours l'expérience qui décidera de la pression ou du traitement à adopter; on fait marcher la génératrice à différentes charges et on soumet les balais et le collecteur à différents traitements; celui qui donnera le moindre échauffement sera considéré comme le meilleur. Enfin, il faut bien se pénétrer de cette idée que les machines caractérisées par une mauvaise commutation ne s'améliorent pas toujours quand on augmentent la résistance de contact des balais. Tels sont les induits à enroulements Weston, qui fonctionnent très bien avec une faible résistance de contact.

T. Pausert.

Accumulateur Jeanty. — Brevet français, n° 300 302.

D'après la description donnée par le brevet les plaques de cet accumulateur sont à formation naturelle et constituées par la superposition de petits grillages ou plaquettes élémentaires de deux types différents.

La figure 1 montre un de ces types en élévation et la figure 2, une coupe suivant 2-2 de la figure 1. C'est une grille A munie sur ses deux faces de rebords a en saillie sur son plan, et d'une nervure centrale a_1 ayant de préférence la section des rebords a.

Le deuxième type de plaquette, représenté par les figures 3, 4 et 5, est constitué par une sorte de peigne comprenant un (fig. 3) ou plusieurs (fig. 5) barreaux longitudinaux B et des dents transversales *b*.

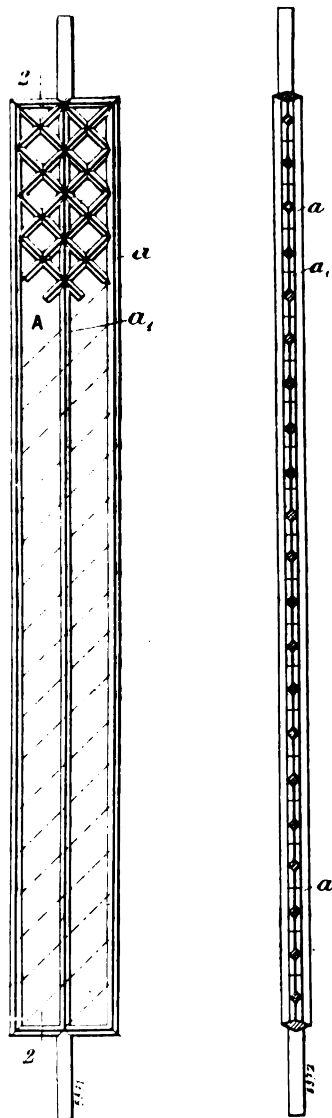


Fig. 1 et 2.

Pour réaliser une plaque, on superpose alternativement des plaquettes de ces deux genres et on les maintient dans un cadre C en plomb. A cet effet, les grilles élémentaires sont munies, à leurs extrémités et suivant leur grand axe, de deux petites tiges, et le cadre C possède des rainures correspondantes. Le contact est ensuite assuré par soudure.

La figure 6 se rapporte ici au cas de plaquettes superposées horizontalement.

Cette disposition aurait, d'après l'inventeur, l'avantage de permettre l'adhérence de la matière active avec son support plus parfaite que dans le

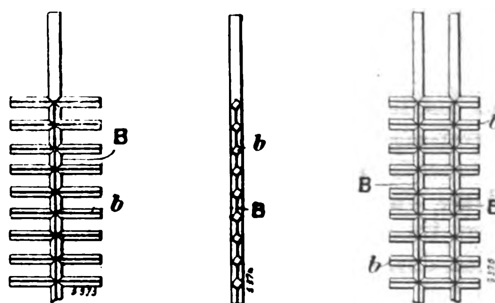


Fig. 3, 4 et 5.

cas des bandes minces jusqu'ici employées. De plus, la matière tombant moins vite, le métal se peroxyderait moins rapidement, ce qui augmenterait la durée de la plaque.

Certaines pièces élementaires étant munies d'un rebord saillant, les différentes plaquettes ne se touchent que sur des arêtes très fines, ce qui rend la surface de contact presque nulle. Dans ces conditions la surface de contact entre

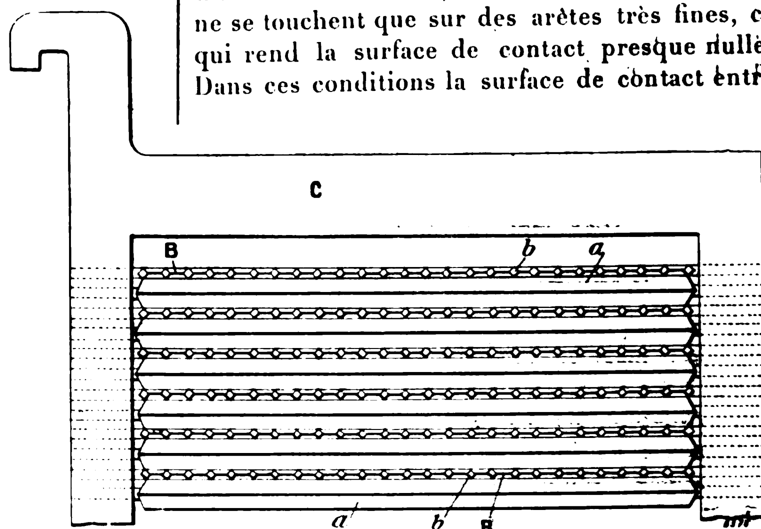


Fig. 6. — Plaque d'accumulateur Jeanty.

l'électrolyte et les grilles est très grande et toute la surface de ces dernières est utilisée. De plus le peroxyde formé peut se loger sans donner lieu à des déformations.

D'autre part la circulation du liquide pouvant se faire horizontalement et verticalement, la plaque se trouve dans de bonnes conditions au point de vue de la diffusion de l'acide.

J. Reyval.

DISTRIBUTION

Régulation automatique de la tension d'une dynamo avec batterie-tampon. Système de l'E. A. G. anciennement Lahmeyer et Cie. *Elektrotechnische Rundschau*, t. XIX, p. 206, 1er juillet 1902.

Dans la station d'électricité alimentant des réseaux de traction, on emploie une batterie en parallèle avec la dynamo pour compenser les variations de courant et maintenir constante la charge de la machine. Dans ce cas la réaction d'induit de la machine doit être suffisamment forte pour provoquer à l'accroissement de la charge une chute de tension aux bornes de manière que la batterie compense approximativement la différence entre le courant total et le courant normal de la machine; c'est-à-dire que la saturation magnétique doit être assez faible, plus faible que dans une machine travaillant sans batterie. Les machines à faible saturation et à forte chute de tension ont l'inconvénient de rendre nécessaire le déplacement des balais suivant les variations de la charge. Ce défaut ne se fait pas sentir lorsque la machine travaille en parallèle avec la batterie, mais il se manifeste si, en cas de réparation de la batterie par exemple, la machine doit fonctionner seule.

On peut obvier à cet inconvénient en munissant la machine d'un enroulement compound qui serait inséré seulement lorsque la batterie ne serait pas en service; mais ce moyen nécessite une dépense de cuivre qui n'est pas à négliger.

La méthode préconisée par l'Elektrizitäts-Alktien-Gesellschaft, anciennement Lahmeyer et Cie, permet de travailler avec des machines à saturation normale et à chute de tension relativement faible et de produire par un moyen quelconque les changements de tension dans la marche en parallèle avec la batterie sans recourir à la réaction d'induit. A cet effet, on insère dans le circuit d'excitation de la machine principale une machine auxiliaire dont la tension est influencée par la charge de la machine principale, du réseau, ou d'un autre circuit; de façon que les oscillations du courant principal produisent une variation de tension de la machine auxiliaire, et par suite du courant d'excitation de la machine principale et finalement un changement de la tension aux bornes de celle-ci. Grâce à cette disposition, on peut employer une machine à saturation relativement élevée, fonctionnant également bien si l'on supprime la machine auxiliaire ou la batterie. Plus la machine est saturée et moins la charge a d'influence sur la tension aux bornes.

L'induit R de la régulatrice (fig 1) est en série avec l'enroulement shunt N de la dynamo principale D.

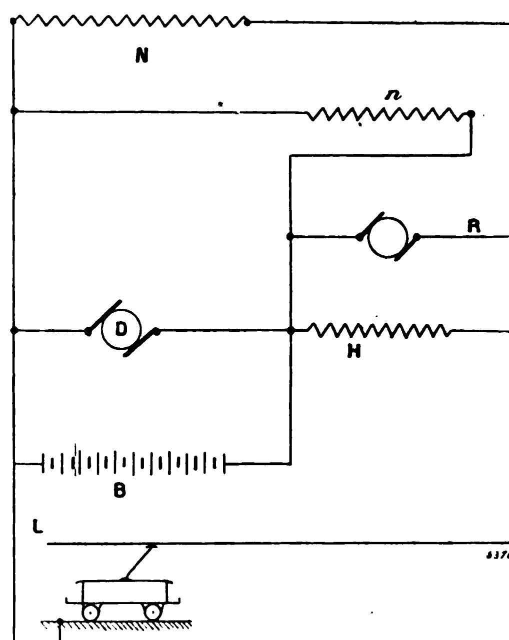


Fig. 1.

La régulatrice R est accouplée mécaniquement ou électriquement avec D, elle est munie de deux enroulements, un enroulement en dérivation n soumis à la tension totale et un enroulement H faisant partie de la ligne L de distribution. Les deux enroulements n et H sont d'action opposée. Par un choix convenable de ces enroulements, on peut obtenir qu'aucune tension n'ait lieu pour une valeur déterminée de la charge de l'induit.

G. G.

Le laboratoire d'essais de la fabrique d'isolateurs en porcelaine de Hermsdorf-Klostre-lausnitz, S.-A., par **Georg Ritter**. *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 471, 29 mai 1902.

Aujourd'hui, la question des isolateurs devient capitale; car elle est intimement liée à celle des transmissions à longue distance qui emploient des tensions de 50000 et même 60000 volts. Une épreuve individuelle, s'appliquant à la masse aussi bien qu'à la surface, est donc le seul procédé susceptible de fournir des indications pré-

cises sur la valeur d'un isolant. Pénétrée de cette idée, la fabrique de Hermsdorf a doté son usine d'un outillage perfectionné qui permet de soumettre rapidement chaque pièce à une tension bien supérieure à celle du régime normal. C'est cette installation que nous nous proposons de décrire. L'article original est illustré de 4 photographies ; nous n'avons pas pu les reproduire ; mais nous donnons le schéma des dispositions essentielles dans la chambre des transformateurs et dans l'une des deux salles d'essais, qui sont d'ailleurs identiques.

L'équipement électrique a été fourni par la Elektrizitaets A.-G., vormals Schuckert et C°, de Nuremberg, et comprend un alternateur, deux trasformateurs et tous les accessoires des tableaux de distribution. L'alternateur monophasé reçoit son mouvement, par courroie, d'un arbre de transmission. Il tourne à raison de 1500 tours par minute, sous 78 volts. En cas d'arrêt de la transmission, il peut fonctionner comme commutatrice, en recevant du courant continu par le collecteur dont il est muni. La fréquence du courant alternatif est de 50 ; il est conduit, par une ligne aérienne de 100 m de longueur, au laboratoire d'essai à haute tension. Celui-ci se compose de deux salles séparées par une troisième exclusivement réservée aux deux transformateurs.

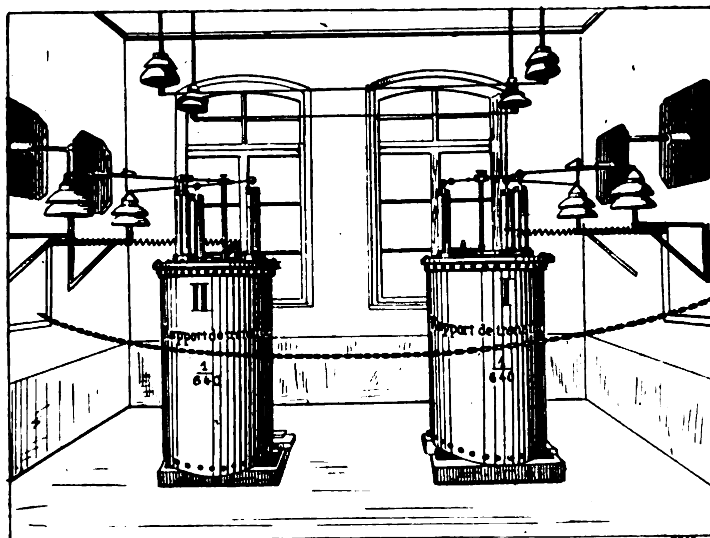


Fig. 1. — Salle des transformateurs.

a) *Salle des transformateurs.* — Le rapport de transformation de chacun est de $\frac{1}{640}$, c'est-à-dire qu'ils élèvent le courant primaire de 78 à $640 \times 78 = 50\,000$ volts. Le courant normal, à la fréquence 50, est de 71 ampères ; chaque transformateur a donc une puissance apparente de 5,5 kilovolts-ampères. Le courant à vide, à la tension de 78 volts primaires est de 5,4 ampères. D'après des expériences sur la résistance d'isolement, il est important que les transformateurs aient une puissance d'au moins quelques kilowatts ; ceux qui donnent de la tension seulement, comme lestransformateurs pour mesure, ne sont pas à employer. A travers le couvercle passent les bornes primaire et secondaire, soigneusement isolées à l'ébonite. Comme on le voit sur la figure 1, celles du secondaire sont beaucoup plus élevées ; il y en a trois, l'une étant connectée au milieu de l'enroulement ; en outre, la gaine d'ébonite est renfermée dans un cylindre de verre coiffé d'un capuchon en ébonite à travers lequel passent les conducteurs qui se terminent par une petite boule perforée constituant la borne de prise du courant. On prémunit l'appareil contre les surélévations de tension dues aux phénomènes de résonance à l'aide d'un parafoudre spécial.

Il comprend un support en fer vissé sur le couvercle du récipient à huile et mis à la terre avec l'enveloppe des transformateurs. A la partie supérieure de ce support est adaptée une couronne en laiton qui reçoit trois baguettes terminées d'un côté par des petites boules en regard des trois bornes du secondaire. On règle la distance explosive pour une tension déterminée, 100 000 volts par exemple, et on fixe chaque baguette dans cette position au moyen de deux écrous disposés de part et d'autre de la couronne. Les transformateurs ne reposent pas directement sur le sol, mais sur deux fers ⊓ placés eux-mêmes sur d'épais madriers.

Du plafond pendent 4 cloches doubles [1] soutenues par des tiges en fer ; leur taraudage intérieur reçoit une vis en bois dur dans laquelle on enfonce deux tubes de laiton qui sont ensuite connectés aux bornes du secondaire. Ce dispositif

[1] L'auteur désigne ces cloches sous le nom de cloches doubles *delta*.

sert pour le couplage en série des deux transformateurs. Le plus souvent, c'est-à-dire jusqu'aux tensions de 50 000 volts, chacun d'eux alimente une des salles d'expérience. A cet effet, on a pratiqué dans les cloisons respectivement deux ouvertures qu'on a refermées avec un bloc de bois vernis et percé de part en part d'un trou central dans lequel s'engagent un tube de porcelaine et, concentriquement à celui-ci, deux tubes de verre. On remarque que les fils de cuivre qui y pénètrent sont recourbés et que leurs extrémités viennent prendre appui sur deux cloches doubles portées par des consoles en fer fixées à la cloison. Les extrémités de ces fils sont réunis aux bornes secondaires. Avec ce montage, les transformateurs travaillent indépendamment l'un de l'autre. Les enroulements primaires sont toujours en dérivation sur le circuit de la génératrice.

2) *Salles d'essais.* — Chacune a un tableau de distribution.

Celui de la salle I, comprend : un régulateur de machine, qui agit sur l'excitatrice pour le réglage de la tension, un coupe-circuit bipolaire, un rhéostat en série avec le primaire du transformateur, un disjoncteur automatique qui coupe le circuit primaire quand il se produit un court-circuit dans le secondaire par suite d'un isolateur défectueux, un ampèremètre, un voltmètre avec commutateur et résistance de protection et enfin un indicateur de terre. Ce commutateur peut prendre trois positions ; dans la position 1, on mesure la tension de l'alternateur ; dans la position 2, celle du primaire du transformateur de 0 à 80 volts ; et dans la position 3, on obtient avec une plus grande précision les tensions de 0 à 40 volts. Pour déceler un défaut d'isolement dans le fil primaire, on monte en dérivation, sur les bornes, deux lampes en série dont le milieu est relié à la plaque de terre commune. Les deux rangées de plots du rhéostat du transformateur sont également mis en série avec une lampe témoin rouge, alimentée par le circuit d'éclairage. Dès qu'on manœuvre les manettes, celui-ci est fermé sur la lampe qui brille et prévient les observateurs que la haute tension fonctionne.

Le tableau de l'autre salle d'essais contient les mêmes appareils, sauf le régulateur de machine et les plots correspondants du commutateur du voltmètre. Le disjoncteur automatique de la salle II, dès qu'il est ouvert, actionne une sonnerie située dans la salle I. Elle n'est utilisée que dans le cas où les deux transformateurs sont en série, comme on le verra plus loin.

Après avoir traversé les cloisons, les câbles à haute tension aboutissent aux appareils d'essais identiques pour les deux salles (fig. 2). L'un est relié à une cuve en tôle étamée qui a 2 m de longueur, 1,50 m de largeur, 115 cm de profondeur ; on a pris les précautions les plus minutieuses pour isoler la cuve du sol, car son support se compose de 4 cloches doubles reposant sur deux traverses en bois vernis qui s'appuient encore sur des plaques de porcelaine de 2 cm d'épaisseur en contact avec l'aire de la chambre. L'autre câble est dirigé vers un tube de laiton parallèle au côté de la cuve le plus rapproché de la cloison. Ce tube est soutenu par 3 cloches de plafond, correspondant au milieu et aux extrémités. Un autre tube est installé parallèlement au premier, dans des conditions identiques. On jette en travers un certain nombre de tringles, auxquels on suspend des fils de laiton terminés par des petites chaînes. Cet ensemble constitue l'un des pôles du secondaire ; l'autre est formé par la cuve. L'équipe-

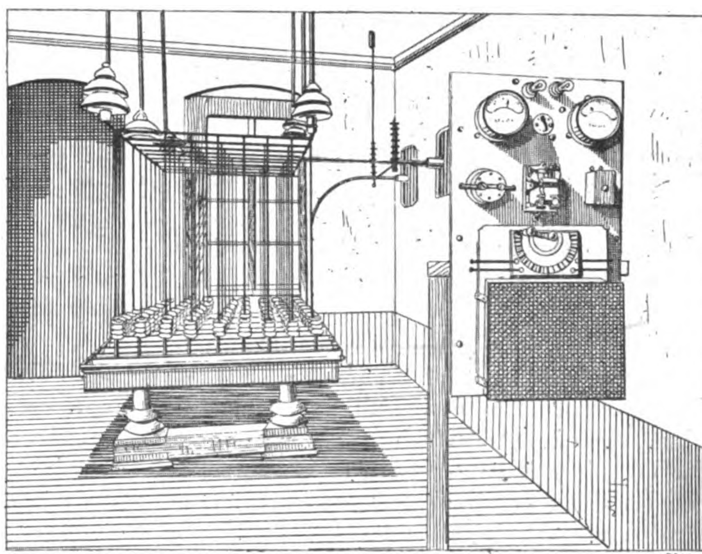


Fig. 2. — Salle d'essais des isolateurs en porcelaine.

ment de cette dernière comprend des traverses pour les supports d'isolateurs qui sont tout simplement des planches vernies, percées d'orifices circulaires de grandeur appropriée ; on y place les cloches, la tête en bas, puis on remplit la cuve d'eau jusqu'à un repère déterminé. On en verse également dans le taraudage des cloches en quantité telle que le niveau soit le même à l'intérieur et à l'extérieur. De cette manière, les points d'attaque, si on peut s'exprimer ainsi, sont plus nombreux et une tare dans la masse ou superficielle se manifestera sûrement par une décharge à travers l'isolant. Il résulte d'un grand nombre d'observations que les défauts se localisent toujours dans la tête ; ce qui explique pourquoi on se contente de noyer seulement cette partie de l'isolateur dans la cuve. Les conditions expérimentales ainsi définies sont certes plus défavorables que celles qu'on rencontre effectivement dans la pratique ; car l'eau, à l'extérieur et à l'intérieur, remplace, au moins au point de vue de la conductibilité, le câble dans la gorge d'attache et le support dans les filets de la cloche.

Enfin, on laisse tomber les petites chaînes dans les cloches et tout est prêt pour l'essai. Signalons encore un dispositif de court-circuit qui se manœuvre du tableau. Il consiste en un tube de cuivre à bouts recourbés, posé en travers des deux conducteurs secondaires à leur entrée dans la salle. Ce tube est agrafé à des tiges isolantes reliées à des cordes de boyau qui passent sur des poulies fixées au plafond et se rendent au tableau.

Les fenêtres pratiquées dans les cloisons sont munies d'un miroir qui laisse voir tout ce qui se passe dans la salle des transformateurs. L'accès des conducteurs à haute tension est rigoureusement interdit ; pendant les expériences, on tire une barrière roulante qui évite toute inadvertance de la part des observateurs.

Les isolateurs exposés à l'humidité doivent subir une épreuve qui se rapproche autant que possible de la réalité. A cet effet, dans la salle I, au-dessus de la cuve, est installé l'appareillage nécessaire pour produire une pluie artificielle. Sur les bords de la cuve s'appuient des traverses en fer percées de trous taraudés dans lesquels on visse des boulons. Les cloches sont posées sur ces supports dans leur situation normale ; on entoure la gorge extérieure d'un fil de cuivre relié à l'autre pôle suivant le dispositif décrit plus haut (fig. 3).

c. *Marche d'une expérience.* — La conduite d'un essai varie suivant que les transformateurs travaillent séparément (50 000 volts) ou en série (100 000 volts). Le montage à 50 000 volts suffit pour la majorité des types. Avec le régulateur de la machine, on amène la tension de l'alternateur à la valeur constante de 78 volts ; on tourne ensuite le commutateur du voltmètre sur les divisions de 0 à 40, ou 40 à 80 volts. Par exemple, si on fait un essai à 20 000 volts, la position 0 à 40 suffit sans résistance de protection, puisqu'on a : $\frac{20\,000}{640} = 39$. On soulève la barrette qui court-circuite les conducteurs haute

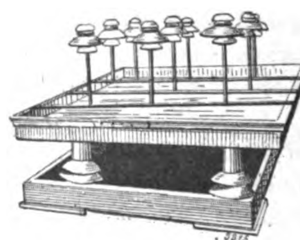


Fig. 3. — Dispositif particulier pour l'essai des isolateurs exposés à la pluie.

tension, et on agit sur le rhéostat du tranformateur jusqu'à la tension désirée. Les lectures du voltmètre peuvent être immédiatement converties en valeurs haute tension à l'aide d'un barème annexé au tableau. Si un isolateur *claque*, il se produit presque toujours un court-circuit ; la résistance de l'eau étant de peu d'importance. Le courant augmentant alors dans le primaire du transformateur, le disjoncteur automatique coupe le circuit. Pour trouver l'isolateur défectueux, on revient en arrière avec la manette du rhéostat, on ferme le disjoncteur et on fait croître de nouveau la tension par degrés insensibles.

Les défauts d'un isolateur sont de trois sortes et se manifestent par les caractères suivants :

1. L'isolateur est complètement percé et n'offre plus aucune résistance. La régulation fait croître rapidement l'intensité, mais la tension reste stationnaire ou varie très peu.

2. L'isolateur oppose encore au passage du courant une résistance appréciable. La régulation fait alors croître l'intensité et la tension

concurremment, jusqu'au moment où une nouvelle étincelle perce la cloche. Cette opération peut se répéter plusieurs fois, mais, en général, une épreuve suffit pour se ramener au cas 1.

3. L'isolateur présente une résistance encore assez élevée pour qu'on puisse atteindre la tension d'essai et s'y maintenir quelques secondes avant la formation du court-circuit. Suivant la qualité de la porcelaine, cette manœuvre devra se répéter 10 à 12 fois avant qu'on revienne d'abord au cas 2, puis au cas 1.

Avec un peu d'habitude, dit l'auteur, on arrive vite à reconnaître la pièce défectueuse; mais on ne l'enlève pas; on se contente de la repérer. Pour cela, chaque planche porte une lettre et chaque ouverture, un numéro; ainsi E6 désignera le sixième isolateur de la planche E. Avant d'aborder la cuve, on replace la manette du rhéostat au zéro, on ouvre le disjoncteur, on laisse tomber la barrette de court-circuit; alors on relève la chaînette de la pièce qui a claqué et qui se trouve ainsi séparée de la source à haute tension. L'expérience reprend son cours, pendant que, dans la deuxième salle, les ouvriers préparent une autre installation.

Pour les grands modèles, désignés sous l'appellation de cloches *delta* et destinés aux réseaux à 50 000 volts, l'épreuve électrique est poussée jusqu'à 100 000 volts. On connecte alors les transformateurs en série et on augmente les distances explosives du parafoudre. On met, dans ce cas, les deux rhéostats des transformateurs en court-circuit et on donne la haute tension en agissant directement sur l'excitatrice de l'alternateur, après avoir fermé les disjoncteurs. Celui de la station I est rendu un peu plus sensible, afin qu'il saute avant celui de la station II. Tout danger de court-circuit est alors écarté et le deuxième disjoncteur peut être fixé dans la position de fermeture. Si, pour une raison quelconque, il venait à sauter, on en serait averti par la sonnerie qu'il met en mouvement dans la salle I. La marche de l'opération est la même que celle décrite plus haut.

Les isolateurs de toute sorte, tels que manches, poulies en porcelaines, etc., sont l'objet de semblables épreuves. L'usine possède, à cet effet, un certain nombre de dispositifs de fixation qui permettent de placer l'exemplaire dans les conditions mêmes de son emploi. Les tensions adoptées pour les essais dépassent de beaucoup celles prescrites par les règlements; elles sont indiquées ci-dessous :

Tension de régime. Volts.	Tension d'essai. Volts.
5 000	20 000
10 000	30 000
20 000	50 000
50 000	100 000

Outre ces essais industriels, la fabrique de Hermsdorf-Kosterlausnitz en poursuit encore d'autres qui ont pour but de jeter quelque lumière sur la façon dont les porcelaines de grand feu se comportent vis-à-vis des courants à haute tension et d'apporter ainsi quelque amélioration dans la fabrication des articles destinés aux réseaux à voltage élevé.

T. Pausert.

Expérience simple pour démontrer l'existence du déphasage dans les circuits alternatifs, par **W. Kohlrausch.** *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 827, 11 septembre 1902.

Il est facile de rendre visible à tout un auditoire l'existence du déphasage dans les circuits alternatifs par une application nouvelle d'une expérience bien connue. On sait, en effet, que si on éclaire l'inducteur d'une machine par une source lumineuse alimentée par l'alternateur lui-même, cet inducteur semble immobile. Pour tirer parti de ce principe, on cale à l'une des extrémités de l'arbre de l'alternateur un disque *a* noir mat de 25 cm de diamètre sur lequel on trace un diamètre en blanc (non représenté sur la figure) d'environ 1 cm de largeur (fig. 1). En projetant sur le disque la lumière d'un régulateur inséré dans le circuit de la génératrice, on aperçoit une étoile avec autant de branches brillantes que la machine a de pôles. Pour obtenir des traits bien tranchés, séparés par des intervalles obscurs assez grands, il faut deux conditions : 1° choisir un alternateur dont la courbe de tension présente une pointe bien caractérisée; 2° rendre l'arc le plus long possible et réduire la fréquence à la plus faible valeur compatible avec la bonne marche de la lampe, c'est-à-dire, il faut un arc qui flambe. Les machines à courbe aplatie ne sont pas propices à cette expérience. Celles dont les courbes présentent plusieurs maxima offrent cette particularité que chaque maximum se traduit par un trait brillant et les différents déphasages sont rendus

plus sensibles encore par une exagération de la self-inductance du circuit. C'est une dynamo hexapolaire à courant continu appartenant à l'Institut Électrotechnique de Hanovre qui a donné les meilleurs résultats. Cette machine, munie de bagues et d'un collecteur, fournit à volonté des courants mono, bi ou triphasés. L'auteur la faisait fonctionner comme commutatrice.

La mise en marche d'une expérience s'effectue de la manière suivante. On amène l'induit dans la position correspondant au maximum de la force électromotrice, puis on tourne le disque jusqu'à ce que le trait blanc coïncide avec le milieu de l'intervalle qui sépare deux pôles consécutifs. Une fois la machine en mouvement les

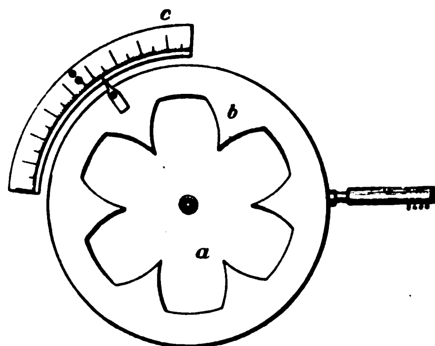


Fig. 1.

traits brillants conservent cette même position par rapport à chacun des champs tant que la self-inductance du circuit est négligeable ; au contraire, dans un circuit inductif, ils semblent se déplacer dans le sens de la rotation de l'anneau et l'écart est d'autant plus grand que le circuit est plus inductif.

Un dispositif très simple permet de mesurer l'angle de déphasage.

Un anneau *b* (fig 1) concentrique au disque peut tourner autour de son centre au moyen d'une poignée. Il porte intérieurement six repères qu'on fait coïncider avec les six lignes brillantes dans les deux expériences (nous rappelons que la machine a six pôles). Sur la périphérie de cet anneau est fixé un index qui pointe les indications sur un cadran circulaire *c* concentrique et extérieur aux deux premiers. Avec un peu de soin et d'habitude on arrive à répéter les lectures à 1° près pour une même position des secteurs. Le déphasage vrai s'obtient alors en multipliant l'angle lu entre les deux positions des secteurs par le nombre de paires de pôles, soit trois dans le cas actuel. Les déphasages jusqu'à 70° (23° dans le dispositif décrit) s'évaluent avec une grande précision et il est facile d'en contrôler l'exactitude par d'autres méthodes.

Pour un cours public la démonstration peut être conduite d'une façon plus brillante. Aux bornes de la génératrice on dérive deux circuits, l'un sans inductance, l'autre avec un fort déphasage.

Chacun renferme une lampe qui éclaire le disque. La lumière du circuit non inductif est filtrée à travers une lame de verre faiblement teintée en rouge ; celle de l'autre circuit passe à travers un écran vert. On voit alors les six bandes vertes (maxima d'intensité) nettement séparées des six bandes rouges (maxima de tension). On rend le phénomène encore plus visible en éclipsant alternativement l'une et l'autre lampe.

T. Pausert.

TÉLÉPHONIE

Récentes expériences de téléphonie sans fil, par **Ernst Ruhmer** (Berlin). *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 859, 25 septembre 1902.

Dans un article sur l'*arc parlant*, paru en 1901 dans l'*Elektrotechnische Zeitschrift* (28 février, t. XXII. p. 196), M. E. Ruhmer signalait l'importance pratique que pouvait avoir ce nouveau et intéressant phénomène pour la réalisation de la téléphonie sans fil.

L'arc parlant est obtenu, comme on le sait, lorsque les oscillations de courants produites par la parole dans un circuit microphonique sont superposées d'une manière convenable au courant continu qui alimente l'arc. Aux variations de température qui se produisent dans l'arc parlant sont liées des variations de même sens dans l'intensité de la lumière émise. Si cette lumière, dont les variations correspondent exactement aux vibrations sonores reçues par la plaque du microphone, est projetée sur un morceau de sélénium faisant partie d'un circuit téléphonique, le téléphone du poste récepteur reproduira exactement la parole transmise, car le sélénium réagit et change de résistance aux moindres variations d'éclairement.

La téléphonie sans fil devenait donc possible

par ce moyen, au moins en principe. C'est ce que montrèrent dès le début les expériences du Dr Simon, à Francfort.

La figure 1 donne schématiquement les dispositifs à employer pour réaliser la transmission de la parole.

La *lumière parlante* est projeté par un réflecteur parabolique dans la direction du récepteur. et peut ainsi franchir des distances assez considérables sans dispersion notable ([1]).

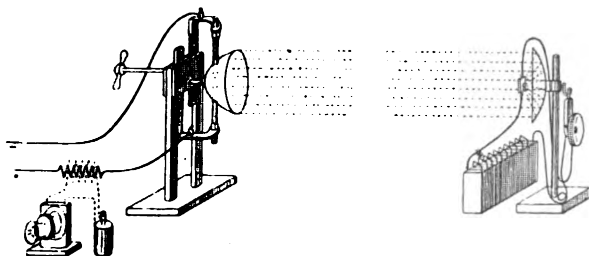


Fig. 1. — Schéma d'un dispositif pour téléphonie sans fil.

Le poste transmetteur comprend, ainsi qu'on le voit dans la figure 1, outre le projecteur, une batterie d'accumulateurs alimentant l'arc ([2]), le microphone, et la bobine d'induction dont le secondaire est en série avec l'arc.

A la station réceptrice est un miroir parabolique qu'on peut orienter facilement dans toutes les directions, et dans l'axe optique duquel est placé un élément cylindrique de sélénium ([3]). Ce sélénium est monté en série avec une batterie de piles ou d'accumulateurs et deux téléphones.

La parole est donc transportée entre les deux stations sous forme d'ondulations lumineuses, et les vibrations sonores sont rendues de nouveau dans le circuit téléphonique du poste récepteur, grâce aux propriétés particulières du sélénium, dont la résistance varie avec l'éclairement auquel il est soumis.

Il résulte de ce qui précède que la bonne transmission de la parole par ce procédé dépendra de nombreux facteurs : l'amplitude des oscillations du courant microphonique, la superposition rationnelle de ce courant au courant d'alimentation de la lampe, l'intensité de ce dernier courant, la valeur et la bonne installation du miroir parabolique, la clarté et la transparence de l'air, la grandeur du miroir récepteur, la sensibilité de l'élément de sélénium, et enfin le choix judicieux de la tension de la batterie en circuit avec le sélénium, et des résistances de téléphones.

Au premier abord il semble que les résultats doivent être d'autant meilleurs que l'intensité normale de l'arc est plus grande; pour une certaine variation de l'intensité, la variation de la couleur de l'arc et par suite de la lumière émise, est en effet d'autant plus grande que l'intensité moyenne est elle-même plus grande. Seulement, le sélénium, et particulièrement l'élément *tendre*, comme il est dit plus loin, réagit d'autant plus faiblement pour une même variation d'éclairement, qu'il est déjà plus éclairé. De sorte qu'en augmentant l'intensité normale, d'un côté on accentue bien les variations de lumière, mais de l'autre on diminue la sensibilité du sélénium; une autre circonstance empêche d'ailleurs d'employer de trop fortes intensités, c'est que le cratère devenant trop étendu cause une divergence considérable du faisceau lumineux et qu'une faible partie seulement de la lumière émise parvient au miroir collecteur de l'appareil récepteur.

L'intensité de la transmission sera la plus forte pour un certain éclairement du sélénium qui dépend de la courbe de sensibilité. On doit proportionner les appareils de telle façon que les téléphones montés en série avec l'élément réagissent le mieux pour l'intensité du courant correspondant à cet éclairement critique. De plus, l'intensité de l'arc variera avec les distances

([1]) Dans ses expériences, l'auteur emploie pour concentrer la lumière un bon projecteur Schuckert qu'il préfère aux projecteurs sphériques Mangin, à cause de la moindre divergence. Le projecteur parabolique employé de 35 cm de diamètre avait un angle de divergence de 0°,3 pour un arc de 7 ampères, mais cette divergence s'élevait à 3° au moins pour un arc de 30 ampères.

Le réglage des charbons à la main, dans la lampe du projecteur, doit être préféré au réglage automatique, à cause d'une action inductive défavorable exercée par les bobines employées dans ce dernier réglage.

([2]) Il ne faut pas, autant que possible, employer le courant d'une dynamo pour alimenter l'arc; les légères variations périodiques de courant dues au collecteur de la machine, suffisent pour occasionner dans la flamme un bourdonnement qui se transmet au téléphone de la station réceptrice, et dans certains cas peut rendre difficiles les communications.

([3]) Les morceaux de sélénium employés ont tous la forme cylindrique pour que, placés suivant l'axe optique du miroir parabolique, ils reçoivent uniformément sur leur pourtour la lumière projetée par le transmetteur.

et augmentera en même temps que ces distances. L'auteur a obtenu les meilleurs résultats : pour des distances de 1 à 2 km avec des arcs de 4 à 5 ampères, pour 3 à 4 km avec des arcs de 8 à 10 ampères et pour des distances de 5 à 7 km avec des arcs de 12 à 16 ampères.

La position rigoureuse du cratère positif au foyer du projecteur est une condition importante à remplir, de même que la direction exacte du faisceau qui n'est pas toujours facile à obtenir dès que la distance devient un peu grande et que les postes ne sont pas absolument fixes (installations sur un bateau par exemple). Dans le jour [1] les difficultés de pointage sont encore beaucoup plus grandes. Pour faciliter le pointage dans tous les cas, il est avantageux de joindre au projecteur une lunette à réticule, les axes des deux instruments étant rigoureusement parallèles.

La brume ou même la pluie, tout en diminuant la portée des communications, n'empêchent pas leur netteté aux distances modérées. Bien que les essais eussent été faits sur le Wannsee et le Havel, et que le soir il y eût presque toujours du brouillard à la surface de l'eau, la transmission fut toujours très bonne.

La qualité de l'élément de sélénium employé a naturellement la plus grande influence sur la valeur de la transmission téléphonique, surtout à de grandes distances. Ce sélénium doit être sensible, non seulement aux rayons lumineux en général, mais spécialement à ceux qui subissent les variations d'intensité les plus considérables. Les recherches de l'auteur l'ont amené à trouver que ce sont les rayons à courte longueur d'onde qui représentent plus particulièrement la *lumière parlante*. Il est donc nécessaire de rendre le récepteur sensible aux ondes courtes. Or on sait que la résistance d'un élément de sélénium ordinaire décroît beaucoup plus dans la partie rouge du spectre que dans les autres, le violet et l'ultraviolet sont presque sans action.

Aussi M. Ruhmer a-t-il cherché, et réussi d'ailleurs, à préparer d'une façon particulière des éléments de sélénium spécialement sensibles au contraire, aux longueurs d'onde qui intéressent la phototéléphonie.

A côté de la haute sensibilité pour ces longueurs d'onde, une autre qualité importe également au plus haut point, c'est la faculté que doit posséder l'élément de changer très rapidement de résistance ; son *inertie* doit être très faible.

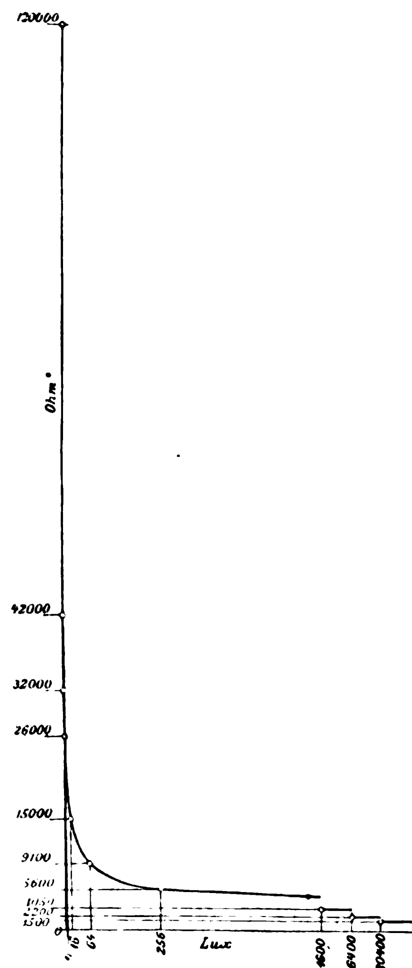


Fig. 2.

Suivant le mode de préparation du sélénium, on peut en obtenir deux espèces qui se comportent tout différemment lorsqu'ils sont exposés à la lumière. L'auteur désigne ces deux variétés sous le nom de sélénium *tendre* et sélénium *dur*. Les séléniums durs, soumis à de faibles impressions lumineuses, sont presque insensibles ; leur variation relative de résistance est beaucoup moindre que lorsqu'ils sont vivement éclairés ;

[1] Les expériences réussissent également bien pendant le jour, à condition naturellement de ne pas exposer directement aux rayons solaires le miroir réflecteur du poste récepteur ; dans le cas où le miroir doit être dirigé du côté du soleil, un simple écran suffit à détourner du miroir les rayons solaires directs.

c'est exactement l'inverse qui se passe pour les séléniums tendres. Par conséquent, il est avantageux d'employer un élément dur pendant le jour ou à de petites distances, c'est-à-dire toutes les fois que le récepteur est éclairé assez vivement. Au contraire, l'élément tendre est indiqué pour les communications dans l'obscurité ou à grande distance. Mais, s'il n'est pas possible de changer d'élément suivant les circonstances, l'emploi d'un sélénium tendre est à préférer d'une façon générale.

Dans ces derniers temps, la sensibilité des séléniums employés s'est accrue dans des proportions considérables. Il y a quelques années, on était très content, pour les applications qu'on avait en vue, de trouver un sélénium dont la résistance au soleil était la moitié ou le tiers de la résistance dans l'obscurité. Avec ces éléments, la

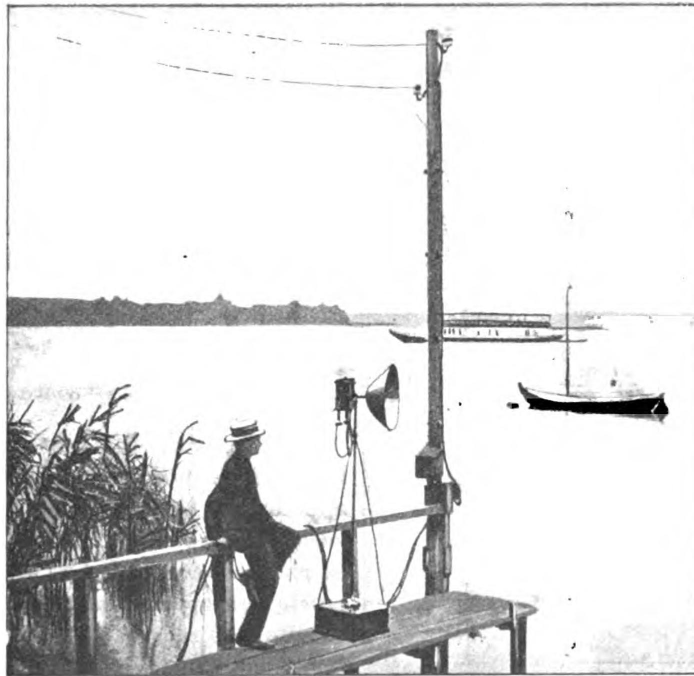


Fig. 3. — Essais de téléphonie sans fil de E. Ruhmer. Au premier plan, à terre, poste récepteur ; sur l'un des des bateaux, à l'arrière plan, poste transmetteur.

photothéléphonie n'aurait jamais été possible à plusieurs kilomètres. Mais on est arrivé très rapidement à préparer des séléniums beaucoup plus sensibles. En 1901, l'auteur employait pour ses essais un élément de la maison Clausen et de Bronck, dont la résistance diminuait dans le rapport de 10 à 1 lorsque le sélénium passait de l'obscurité à la lumière du soleil. M. le professeur Simon, à Göttingue, emploie dans ces derniers temps un élément préparé par M. Giltay, à Delft, qu'il tient « pour le meilleur qui ait été construit ». La résistance d'environ 533 000 ohms à l'obscurité tombe à 26 000 ohms pour un éclairement d'environ 400 lux. M. E. Ruhmer a préparé de son côté de nouveaux éléments *à lames minces* qui possèdent en moyenne une sensibilité égale à la précédente, quelques-uns même une sensibilité supérieure. Ils ont, d'après l'auteur, sur les éléments Giltay, le grand avantage de réagir très bien aux courtes longueurs d'onde; cette supériorité explique que jusqu'à présent M. Simon, bien qu'il emploie un excellent miroir de Schuckert, de 90 cm de diamètre, n'est pas parvenu à parler plus loin que 2,5 km, tandis que M. Rhumer, dans une expérience faite le 25 juillet dernier, a obtenu une excellente transmission à 7 km de distance, et les appareils n'étaient nullement à la limite de leur puissance.

D'après l'auteur, les éléments employés par lui, préparés d'une façon spéciale, peuvent être sensibilisés pour toutes les longueurs d'onde, et

ont en outre la propriété de revenir très rapidement à leur résistance primitive dans l'obscurité.

La résistance à l'obscurité de l'élément sensibilisé est de 120 000 ohms; elle s'abaisse à 15 000 ohms, au voisinage immédiat d'une lampe à incandescence de 16 bougies. La figure 2 montre la courbe de résistance de cet élément.

A l'appareil récepteur (fig. 3) le cylindre de sélénium était monté au foyer d'un miroir parabolique de 50 cm de diamètre et 70 mm de longueur focale. La tension de la batterie était de 100 volts. Comme téléphone de réception, étaient

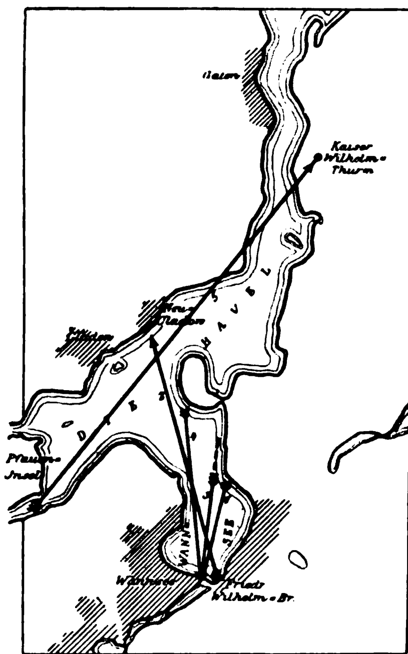


Fig. 4. — Carte des essais de téléphonie sans fil de E. Ruhmer, transmission maxima 7 km en suivant la plus grande flèche.

intercalés dans le circuit deux téléphones à haute sensibilité et à grande résistance, à membranes minces et faibles aimants.

Les expériences se firent dans les environs de Berlin, sur le Wannsee et la Havel. Le poste récepteur était installé à terre, et le transmetteur sur un bateau qui pouvait s'éloigner progressivement dans une direction convenable; le projecteur employé était un projecteur de torpilleur Schuckert, de 35 cm de diamètre.

Plusieurs séries d'expériences furent faites les 4, 8, 9, 16 et 25 juillet, et dans des conditions très variées : atmosphère transparente, temps brumeux, pluie, pendant le jour et dans la soirée : tous les essais donnèrent de bons résultats. Dans la dernière expérience en particulier — temps légèrement brumeux — la réception de la parole fut très intense et très claire, et la disposition des lieux seule ne permit pas de dépasser la distance de 7 km entre les deux postes : le récepteur était sur la plate forme de la tour Kaiser-Wilhelm (fig. 4) [1] et le projecteur sur le bateau « Germania » qui s'éloignait dans la direction de Pfauen-Insel.

Ces résultats sont donc intéressants et encourageants, et l'auteur estime qu'après quelques modifications reconnues avantageuses dans le cours de ses expériences, on pourra par ce procédé lumineux, téléphoner sans fil facilement, à des distances de beaucoup supérieures à celles qui ont été atteintes précédemment.

Compteur Siemens et Halske pour conversations téléphoniques. *Elektrotechnische Rundschau*, t. XIX, p. 230, 1er août 1902.

Le dispositif Siemens et Halske comporte l'emploi de deux sortes de courants, l'un sert à appeler le bureau, l'autre à appeler l'abonné avec lequel on veut entrer en communication. Le changement se fait à l'aide du commutateur à crochet qui agit automatiquement quand on prend ou que l'on raccroche le récepteur et sans qu'il soit nécessaire d'exécuter aucune manipulation particulier. Il est bien évident que l'on peut obtenir le même résultat, par exemple, en tournant à droite et à gauche la manivelle, ou bien en manœuvrant quelque organe spécial.

Dans la disposition représentée schématiquement par la figure 1, un inducteur actionné par la manivelle envoie dans la ligne $k_1 k_2$ un courant intermittent ou des impulsions de courant quand le récepteur est accroché, et un courant alternatif quand il est enlevé.

L'enroulement l de cet inducteur se termine d'une part à l'axe d_1 qui communique métalliquement avec le bâti g et d'autre part à une tige isolée t solidaire de l'axe d_1 et portant un disque c dont une moitié est isolante et l'autre conduc-

[1] Dans cette figure, les flèches représentent les directions suivant lesquelles furent faites les transmissions dans les diverses expériences.

trice. Le contact à ressort f_1 appuyant sur la tête de la tige, reçoit donc le courant alternatif, tandis que le contact f_2 appuyant sur la disque c ne reçoit le courant que par intermittence.

L'arbre d_1 reçoit le mouvement de l'axe d_2 au moyen d'une transmission dentée ; de plus pendant sa rotation d_2 se déplace dans le sens de la flèche, ce mouvement sert à déclencher le mécanisme du compteur.

Dans la figure 1, les lignes pointillées représentent la position des organes lorsque la communication a été obtenue et marquée au compteur, le récepteur étant levé. En raccrochant celui-ci, à la fin de la conversation, le compteur est prêt pour une nouvelle manœuvre; le commutateur à crochet u agit sur le bras gauche du levier w et le soulève. Le ressort s_1 se tend, le crochet h glisse sur les dents de la roue z; le bras supérieur du levier w s'appuie contre le verrou après avoir glissé sur le biseau qui le termine.

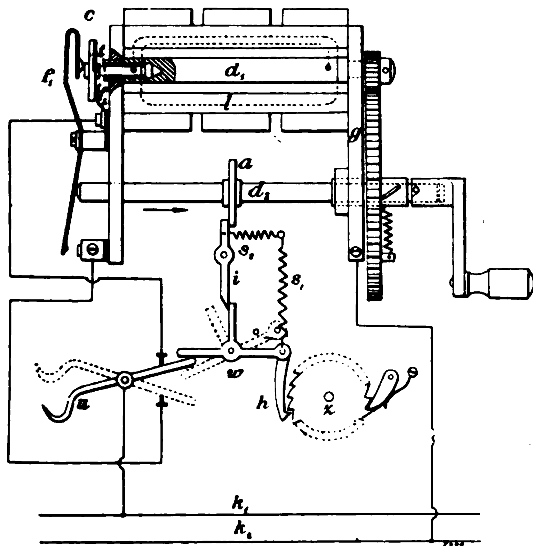


Fig. 1. — Compteur de conversations téléphoniques.

Ce déclic i est pressé par le ressort s_2 contre le disque a formant butée, fixé à l'axe d_2 ; de sorte que le levier ne peut être dégagé que si par la rotation de la manivelle, cette butée est déplacée dans le sens de la flèche. L'ensemble de ces positions est représenté par les lignes pleines de la figure 1, l'appareil au repos étant prêt pour une nouvelle demande.

Pour appeler le bureau, le courant intermittent est produit par la rotation du disque c contre le ressort f_2, le ressort étant accroché. La butée subit un mouvement de recul et le compteur ne peut avancer puisque le levier u maintient w et que le ressort s_1 ne peut agir. L'abonné peut, après l'appel, décrocher le récepteur et parler au bureau sans que le compteur fonctionne puisque w est maintenu en place par le verrou i.

Si le bureau ne peut donner la communication par suite de l'occupation de la ligne, le compteur n'a pas fonctionné et en raccrochant le récepteur, tout se retrouve dans la position de repos. Si, au contraire, la communication est donnée, le demandeur doit appeler celui avec lequel il veut correspondre au moyen du courant alternatif, l'annonciateur de ce dernier ne fonctionnant que dans ces conditions. Pour cela, il doit tourner la manivelle, le récepteur étant décroché. La butée a se déplace alors vers la droite et le ressort s_1 peut se détendre ; le verrou i s'ouvre et la rotation de la commande w a lieu comme celle du levier à crochet u. Le crochet h fait avancer la roue dentée et met le compteur en action.

Si l'abonné que l'on demande ne répond pas au premier appel, on peut le sonner à nouveau sans que le compteur fonctionne puisqu'il faut pour cela que le récepteur ait été raccroché dans l'intervalle. Comme l'annonciateur de l'abonné demandé ne fonctionne que par le courant alternatif, le demandeur est forcé de décrocher le récepteur, ce qui met le compteur en marche chaque fois qu'une communication est obtenue.

Avec cette disposition, il peut arriver qu'une communication désirée mais non obtenue soit comptée, si par erreur on a appelé le bureau, le récepteur étant enlevé. On peut éviter cet inconvénient, en obligeant, l'abonné à employer un courant déterminé pour l'appel du bureau, par exemple suivant la position du commutateur accroché, ou d'un autre organe de commutation.

G. G.

DIVERS

Influence d'un écran conducteur sur le champ électromagnétique d'un courant alternatif parallèle à l'écran, par **T. Levi-Civita**. *Il Nuovo Cimento*, t. III, p. 442, juin 1902. *Rendiconti dei Lincei*, 16 février, 2 et 16 mars 1902.

L'auteur avait précédemment étudié le cas d'une charge électrique qui se meut d'un mouvement uniforme parallèlement à un plan con-

ducteur indéfini. Mais le cas se rapporte à des phénomènes qui sont presque à la limite des quantités observables et qui exigent des expériences très délicates. L'auteur examine ici une question du même genre, mais plus facilement accessible au contrôle expérimental : courant alternatif sinusoïdal rectiligne indéfini et parallèle à un écran conducteur.

L'expérience d'Œrsted est relative à un courant constant, et dans ce cas on connaît la loi de Biot et Savart

$$H = \frac{2I}{r}$$

Ce résultat s'étend au cas d'un courant variable, et si

$$I = I_0 \sin \omega,$$

on a

$$H = \frac{2 I_0 \sin \omega}{r}.$$

Supposons que l'on place un écran constitué par une lame métallique plane et parallèle au courant.

La force magnétique reste normale au courant et sinusoïdale dans les limites d'approximation fixées par l'auteur ; mais le champ est modifié et cela principalement au-delà de l'écran par rapport au courant.

L'angle de la force magnétique avec le plan conducteur est doublé.

L'intensité est réduite et le facteur de réduction n'est pas supérieur à

$$\frac{R}{4 \pi^2 nd},$$

R résistance de l'unité de surface de l'écran (en unités électromagnétiques),

d distance du courant à l'écran,

n fréquence.

Ainsi avec $n = 100$, et un écran constitué par une lame de cuivre de 1 mm placée à un mètre du courant, on a

$$\frac{R}{4 \pi^2 nd} = 0{,}04$$

Dans ces conditions, s'il s'agit de points peu écartés, c'est-à-dire tels que r (distance du point au courant) diffère peu de d, l'intensité de la force magnétique est réduite à quelques centièmes de sa valeur normale.

Enfin l'écran produit un retard de phase de $\frac{\pi}{2}$.

Quant à la force électrique, l'interposition de l'écran réduit sa valeur, même dans les cas les plus défavorables à moins de un millionnième de sa valeur primitive. Les actions électriques sont donc sensiblement interceptées par l'écran, comme cela a lieu rigoureusement en électrostatique.

L'auteur examine le degré d'approximation des lois précédentes et indique les limites entre lesquelles on doit procéder à leur vérification expérimentale.

Étudiant ensuite la représentation analytique du champ et la distribution des lignes de force, M. Levi-Civita obtient en première approximation pour ces lignes, des cercles situés dans les plans perpendiculaires au fil de courant ; ces cercles passent par le fil et sont tangents à la parallèle à l'écran qui passe par ce point.

Ce résultat est valable sauf dans les instants où le champ est trop affaibli ; il est vrai que la marche du champ dans ces instants où son action est pour ainsi dire nulle, est sans intérêt. Mais en poussant plus loin les calculs on obtient des quartiques bicirculaires, qui sont les transformées par rayons vecteurs réciproques, relativement au fil comme centre, d'une série d'hyperboles équilatères.

Lorsque sin ω décroît, ces hyperboles tendent à devenir des droites parallèles à l'écran et les transformées de ces droites sont précisément les cercles dont il a été question.

Il est évident que l'on ne doit considérer de ces courbes que la partie située en dehors de l'écran par rapport au fil.

L'auteur insiste sur l'intérêt d'une vérification expérimentale. Lorsqu'il s'agit de traiter l'influence d'un conducteur sur un champ donné, les équations de Hertz sont insuffisantes, il faut prendre un système de leurs intégrales, celui qui constitue la théorie de Maxwell par exemple, ou celui d'Helmholtz complété par l'hypothèse que les actions à distance se propagent avec la vitesse de la lumière. La vérification serait un contrôle de ces théories mêmes dans la partie qui leur est commune, sans être une conséquence nécessaire des équations différentielles de Hertz.

G. G.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET TECHNIQUES

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

TRAVAUX DE LA 6[e] COMMISSION

Note sur les essais magnétiques du fer, par **H. Armagnat**. *Bulletin de la Société*, 2[e] série, t. II, p. 525-530.

Depuis la publication du rapport préliminaire sur les essais magnétiques du fer (1), la 6[e] commission n'a recueilli que très peu de réponses aux questions posées et il semble que, loin d'être en mesure de donner des renseignements, la plupart des constructeurs et des métallurgistes en attendent.

Cette absence de documents certains montre bien qu'il est nécessaire de créer autour de cette question une agitation considérable afin de coordonner les résultats acquis et de montrer la voie à suivre. Aussi la commission fait de nouveau un pressant appel à tous ceux qui possèdent sur cette question des documents certains, afin qu'ils apportent leur part à l'œuvre commune.

Bien entendu, il n'est pas question de formuler un cahier des charges uniforme, devant servir de base dans les marchés, mais, uniquement, de montrer aux constructeurs et aux métallurgistes ce qu'il est possible de faire dans les diverses circonstances (2).

Résultats acquis. — Malgré la pénurie de documents fournis, les discussions ont fixé un certain nombre de points qu'il est nécessaire de dégager dès maintenant, afin de simplifier et de préciser les questions précédentes et pour en poser de nouvelles.

Perméabilité. — Pour la perméabilité, il est surtout intéressant de mesurer les inductions $\mathfrak{B}$ inférieures à 5 000, pour les tôles de transformateurs, et les valeurs très élevées pour tous les induits dentés. Dans le deuxième cas, les calculs des machines conduisent actuellement à admettre des valeurs supérieures à 20 000 et 25 000 gauss, ce qui semble bien difficile à obtenir dans la pratique, étant données les forces magnétomotrices en jeu.

Avec les fontes et les aciers fondus, ce sont surtout les valeurs élevées qui sont intéressantes.

Perméamètres. — Il résulte de ceci que les perméamètres doivent permettre la mesure de $\mathfrak{B}$ jusqu'à des valeurs aussi élevées que possible et qu'ils doivent s'appliquer aussi bien aux tôles qu'aux fers pleins. Il est même intéressant, pour les métallurgistes, que le même appareil puisse servir dans les deux cas, afin de permettre d'étudier les fers dans les diverses phases de leur fabrication : en lingots d'abord, puis après le laminage, s'il y a lieu.

Spécifications dans les marchés. — Une question intéressante se pose ici : de quelle façon doit on spécifier les qualités du fer dans les marchés ?

Dans certains cahiers des charges et dans beaucoup de recherches récentes, on trouve l'indication de la valeur de $\mathfrak{B}$ obtenue dans un champ très intense : 100 gauss, par exemple. D'autres personnes ont proposé de donner la valeur du champ $\mathcal{H}$ nécessaire pour obtenir une valeur très élevée de $\mathfrak{B}$: 18 000, par exemple ; il faut remarquer que cette condition est éliminatoire, certaines fontes et aciers ne pouvant atteindre cette induction que dans des champs irréalisables dans l'industrie. La tolérance à accorder va d'ailleurs nous conduire à éliminer ce dernier procédé.

Il semble que, dès que les mesures magnétiques seront entrées dans la pratique courante, on n'hésitera pas à donner la courbe complète de $\mathfrak{B}$ en fonction de $\mathcal{H}$, ce qui est la solution la plus rationnelle, quitte à n'indiquer, dans les marchés, que les limites dans lesquelles devra se trouver la valeur de $\mathfrak{B}$ ou de $\mathcal{H}$ nécessaire pour l'application en vue.

Tolérance à accorder. — Dans la rédaction des marchés on devra admettre une assez large tolérance, et il sera toujours utile d'indiquer la méthode ou l'appareil d'essai employé à la réception.

Pour la tolérance à accorder, on devra se rap-

(1) Voir *L'Écl. Élect.*, t. XXXI, p. 266, 17 mai 1902.

(2) La 6[e] commission doit des remerciements aux industriels qui ont bien voulu se faire représenter à ses séances, donnant ainsi aux discussions l'intérêt pratique inséparable du caractère de notre Société : nous citerons, en particulier, les usines du Creusot, MM. Marchand et Dreyfus, les forges de Longwy, etc.

peler que la précision des mesures est tout à fait différente, pour un même point, selon la grandeur considérée. La courbe de $\mathcal{B}$ en fonction de $\mathcal{H}$ peut être divisée en deux parties : une branche ascendante, partant des plus faibles valeurs considérées dans l'industrie, 2 000 gauss environ, jusqu'au point d'inflexion, et une partie faiblement inclinée, depuis l'inflexion jusqu'à l'infini.

Dans la première partie, l'accroissement de $\mathcal{B}$, pour une très petite variation de $\mathcal{H}$, est considérable. Une petite erreur sur $\mathcal{H}$ peut conduire à une erreur dix ou vingt fois plus grande sur $\mathcal{B}$; donc, jusqu'au point d'inflexion, il est préférable de fixer la valeur de $\mathcal{B}$ et de chercher la valeur correspondante de $\mathcal{H}$, en indiquant la tolérance admise sur cette grandeur ; les différences obtenues dans ce cas sont plus caractéristiques.

Au contraire, au delà du point d'inflexion, il est préférable de mesurer la valeur de $\mathcal{B}$ atteinte pour un champ $\mathcal{H}$ constant ; en effet, $\mathcal{B}$ augmentant très lentement, une erreur très petite sur sa valeur amène une très grande indécision sur $\mathcal{H}$.

Dans les deux cas, il paraît nécessaire d'accorder une tolérance d'au moins 5 p. 100, *sur le facteur le moins variable.*

Hystérésis. — Relativement à l'hystérésis, un fait très important paraît acquis. On sait que certains fers subissent, par le recuit, une modification, et que la perte d'énergie par hystérésis peut être considérablement réduite. Mais il arrive aussi très souvent que cette amélioration disparaît avec le temps, surtout lorsque les fers qui ont été recuits sont soumis à des variations continuelles d'aimantation, comme cela arrive dans toutes les machines et transformateurs. Cette modification des propriétés magnétiques, avec le temps, n'étant pas générale, il est à craindre que des fers de mauvaise qualité soient amenés par le recuit à cet état instable où leurs propriétés sont comparables à celles des bons fers.

L'opinion généralement admise aujourd'hui est que la variation des propriétés magnétiques a surtout pour cause l'échauffement qui se produit toujours dans les appareils électriques, et l'expérience montre qu'un étuvage de quelques jours seulement peut ramener les fers à l'état stable.

Vérification de la constance de l'hystérésis. — Le moyen à employer consiste à mettre les échantillons du fer à essayer dans une étuve chauffée vers 140°, et à les y laisser quelques jours. Si le fer est susceptible de varier, il se modifie très rapidement, et des mesures faites régulièrement indiquent le moment où cette variation devient négligeable. Ce procédé, employé depuis longtemps aux usines du Creusot, a toujours fourni de bons résultats. Peut-être pourrait-on faire quelques réserves sur la température de l'étuve, les différentes qualités de fer ne se comportant pas de même dans cette circonstance.

Coefficient d'hystérésis. — Toutes les notations employées pour indiquer l'hystérésis reposent implicitement sur la loi empirique de Steinmetz, mais elles diffèrent par les grandeurs choisies comme unités.

Le coefficient de Steinmetz représente, en ergs, l'énergie dépensée dans 1 cm^3 de fer parcourant un cycle où $\mathcal{B}$ varie de plus à moins 1 gauss.

Dans beaucoup de marchés, on trouve l'hystérésis exprimée par la puissance dépensée, rapportée au kilogramme de fer, à un certain nombre de cycles par seconde, 50 ou 100 tours en général, et enfin à des cycles où $\mathcal{B}$ atteint des valeurs très différentes : 4 000, 10 000, etc.

Comme exemple, nous pouvons citer les notations suivantes et leur rapport avec le coefficient de Steinmetz η :

Allemagne. . . . Watts par kilogramme, 50 périodes, $\mathcal{B} = 10\,000 \quad P = 1\,530\,\eta$;
Angleterre. . . . Ergs par centimètre cube et par cycle, $\mathcal{B} = 4\,000 \quad W = 580\,000\,\eta$;
Angleterre. . . . Watts par livre, 100 périodes, $\mathcal{B} = 4\,000 \quad P = 341\,\eta$.

Cette diversité des notations rend la comparaison des résultats assez difficile, et il semble qu'il vaut mieux recommander l'emploi du coefficient de Steinmetz.

Loi de Steinmetz. — La loi de Steinmetz, où l'hystérésis est représentée comme proportionnelle à la puissance 1,6 de l'induction $\mathcal{B}$, n'est qu'une loi empirique, et l'examen des résultats publiés jusqu'ici semble montrer que l'exposant de $\mathcal{B}$ varie sensiblement d'un fer à l'autre, mais la pratique montre que, dans la plupart des applications où l'on a à tenir compte de l'hystérésis, cette loi donne des résultats suffisants.

Tolérance sur l'hystérésis. — Le coefficient d'hystérésis étant bien défini et la méthode ou l'appareil de mesure étant spécifié, il faut envi-

sager la tolérance à accorder à un double point de vue : d'abord il est nécessaire d'indiquer, en valeur relative, l'écart entre les limites maximum et minimum que peut présenter l'hystérésis, dans une même fourniture, par suite des défauts d'homogénéité. Une tolérance de 20 p. 100 ne paraît pas exagérée à ce sujet, dans l'état actuel de la métallurgie. De plus, il faut accorder une tolérance d'au moins 5 p. 100 sur la valeur absolue, pour tenir compte des erreurs de mesures et des différences systématiques des appareils entre eux.

Les indications ci-dessus résument les résultats obtenus par la sixième commission ; ils ne sont pas définitifs et il est à désirer que des observations nombreuses soient apportées sur ce sujet.

Nouvelles questions. — Parmi les questions posées dans le premier rapport un certain nombre n'ont pas reçu de réponses; d'autres questions ont été soulevées depuis ; les unes et les autres sont résumées ci-dessous (1).

(1) 1° Donner le plus possible les spécifications des marchés, afin d'établir exactement les desiderata de l'industrie actuelle.

2° Pour les constructeurs. Quelles sont les améliorations désirables dans les propriétés magnétiques des fers ? Pourrait-on accepter une augmentation de prix pour ces améliorations, et quelle en serait la grandeur relative ?

3° Pour les métallurgistes. Quelles sont les améliorations que l'on pourrait apporter aux propriétés magnétiques et quelle augmentation de prix en résulterait actuellement ?

4° Citer des exemples certains de l'augmentation de l'hystérésis et, plus généralement, des variations des propriétés magnétiques causées par l'usage continu du fer dans les machines et les alternateurs. Il serait bon de compléter ces renseignements en indiquant les autres modifications des propriétés du fer : la malléabilité, par exemple, ainsi que de faire des mesures sur le fer seul, quand la machine est démontée, la plupart des exemples déjà cités reposant sur des mesures globales où les phénomènes magnétiques sont simplement mesurés par différence.

5° Les défauts d'homogénéité ont-ils une influence considérable sur les résultats obtenus dans les machines ? En particulier, a-t-on constaté une augmentation des courants de Foucault, due aux inégalités de la perméabilité ?

6° Y a-t-il intérêt à préciser dans les marchés la composition chimique des fers ?

Dans les fers employés ordinairement la composition chimique ne paraît pas jouer un rôle aussi important que l'état physique. Cependant, étant donné que, par le réchauffage à l'étuve, on détruit l'effet du recuit et que, malgré cela, les différences entre les fers sont considérables : comme, d'autre part, la présence de quantités très petites de corps étrangers amène des modifications profondes dans les propriétés magnétiques, il est utile d'apporter le plus d'éléments possible dans la discussion de cette partie si obscure de nos idées sur le magnétisme.

INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS

Séance du 15 mai 1902.

La traction électrique sur les chemins de fer italiens, par **Carus Wilson**. *Journal of the Instit. of El. Eng.*, t. XXXI, p. 1091-1119, n° de juin 1902.

Dans cette communication, l'auteur se propose d'examiner comment les deux principales compagnies italiennes ont entrepris la lutte contre la concurrence des tramways et des autres moyens de transport économiques (1), en adoptant un service de trains rapides, légers et fréquents. L'auteur se place surtout au point de vue économique et comparera les conditions dans lesquelles se présente le problème en Italie et en Angleterre.

Chemins de fer de l'Adriatique. — Cette Compagnie a déjà équipé électriquement la ligne de Lecco à Colico, et les embranchements de cette dernière localité à Sondrio et à Chiavenna ; son intention est de prolonger le système jusqu'à Milan. Actuellement, les trains électriques en expérience (2) sont remorqués par des locomotives à vapeur de Lecco à Milan. La longueur totale des lignes équipées à l'électricité est de 106 km de voie unique.

La station hydraulique qui fournit l'énergie à ces lignes est située à Morbegno, sa puissance de 6000 chevaux est empruntée à l'Adda ; le courant triphasé est envoyé, à la tension de 22 000 volts, à neuf sous-stations où il est transformé à 3000 volts. De là, il parcourt deux fils de trolley, le rail servant de troisième conducteur, et alimente, sous cette tension, les moteurs triphasés des voitures.

Les voitures-motrices ont une longueur de

(1) Les deux Compagnies de l'Adriatique et de la Méditerranée accaparent à elles seules les 80 p. 100 du trafic par voie ferrée de l'Italie ; elles desservent chacune le versant correspondant à leur nom, avec des longueurs respectives de voies de 5830 et 5940 km.

(2) Rappelons que depuis septembre dernier le tronçon Lecco-Sondrio est ouvert à l'exploitation ; nous publierons d'ailleurs prochainement une description complète de cette installation exécutée par la maison Ganz, de Budapest. N. d. l. R.

17 m, pèsent 54 tonnes à vide, et peuvent prendre 56 voyageurs. Chaque voiture est munie de deux moteurs à grande vitesse de 150 chevaux et de deux moteurs à faible vitesse de 75 chevaux pesant chacun 3,8 tonnes et à action directe, sans engrenages. La pleine vitesse est de 60 km environ à l'heure [1].

Ces voitures remorquent des voitures de voyageurs ordinaires ; les trains de marchandises sont traînés par des locomotives électriques.

La Compagnie est sur le point de généraliser un système qu'elle a appliqué déjà sur la ligne de Bologne à Saint-Felice et grâce auquel elle espère réduire notablement les frais de personnel aux stations, qui figurent pour 80 p. 100 dans ses dépenses d'exploitation [2].

Chemins de fer de la Méditerranée. — Cette Compagnie équipe électriquement toute la ligne de Milan à Gallarate et de là à Varese, Porto-Ceresio, Laveno et Arona [3]. La longueur totale de ligne est de 130 km ; elle est à voie unique, sauf entre Milan et Gallarate où la voie est double. La station génératrice est à Tornavento à 12 km environ de Gallarate ; elle est actionnée par des machines à vapeur auxquelles on est en train de substituer des turbines qui emprunteront 11 000 chevaux au Tessin.

L'énergie est transmise sous forme de courant triphasé à 12 000 volts à sept sous-stations, où la tension est réduite à 420 volts et le courant transformé en courant continu à 650 volts au moyen de commutatrices, et ce dernier est envoyé dans un troisième rail isolé.

Les voitures motrices de Varese, dont le journal donne une reproduction photographique, pèsent 40 tonnes à vide et peuvent prendre 75 passagers, dont 12 debout; elles sont actionnées par 4 moteurs de 150 chevaux, avec une réduction de 3 à 1 sur les roues motrices de 104 cm. La pleine vitesse est de 90 km à l'heure; le poids de chaque moteur est de 2,5 tonnes. Les voitures-remorques pèsent 27 tonnes à vide et peuvent recevoir 63 passagers assis et 27 debout.

Dépenses d'exploitation et recettes. — L'auteur établit dans le tableau suivant une comparaison entre les dépenses d'exploitation des chemins de fer italiens et anglais, d'après les rapports officiels des deux pays.

Dépenses par train-kilomètre	Angleterre.	Italie.
Charbon	0,107 fr.	0,330 fr.
Salaire du mécanicien et du chauffeur	0,236 —	0,198 —
Salaire du conducteur	0,095 —	0,129 —
Eau, huile, etc.	0,048 —	0,137 —
Réparations des locomotives	0,148 —	0,218 —
Réparation des wagons	0,175 —	0,373 —
Totaux	0,810 —	1,285 —

La consommation de houille est supposée de 11,3 kg par train-kilomètre, et le prix de 10 fr la tonne, en Angleterre.

L'auteur a trouvé aussi que les dépenses de marche des trains entrent pour 62 p. 100, en Italie, et de 42 p. 100 en Angleterre, dans les dépenses générales; et les dépenses constituent respectivement 70 et 65 p. 100 des recettes.

L'auteur indique ensuite les modifications apportées dans la rapidité et la fréquence du service, entre Milan et Varese, par l'introduction de l'électricité.

L'emploi de l'électricité, en attendant l'achèvement de la station hydraulique, diminuera d'au moins de moitié la dépense de combustible; les salaires des mécaniciens, des conducteurs subiront des réductions de 40 et 20 p. 100 respectivement ; l'économie d'eau et la diminution des

(1) Les quatre moteurs fonctionnent en *cascade* au démarrage à demi-vitesse; les deux moteurs à grande vitesse restent seuls en circuit en marche normale. Sur toutes les rampes supérieures à 1 p. 100 les moteurs sont connectés en *cascade* et la vitesse est réduite de moitié.

(2) Dans ce système, les stations sont divisées en stations de contrôle et stations de section. La responsabilité du contrôle du trafic est laissée au personnel des stations de contrôle. Les stations de section sont reliées par téléphone à la station de contrôle la plus voisine, qui leur communique tous les ordres relatifs à la marche des trains.

Un block-system Webb et Thompson, combiné avec un enclenchement électrique Olper, divise la ligne en sections; il est commandé par un commutateur qui met cette section en ou hors circuit simultanément avec la réception du signal correspondant, de sorte qu'un train ne peut s'engager sur une section à l'encontre du signal.

(3) Pour la description des installations voir *L'Éclairage Électrique* du 2 nov. 1901, t. XXIX, p. 164-176; pour quelques résultats d'exploitation, voir le résumé de la communication de M. Rocca au Congrès de Montauban, dans *L'Éclairage Électrique* du 23 août 1902, t. XXXII, p. 267. N. d. l. R.

frais d'entretien et de réparations, combinées avec les réductions précédentes, abaisseront la dépense par train-kilomètre de 1,30 fr avec la vapeur à 0,75 fr avec l'électricité.

Service entre Milan et Varese.

	KILOM.	TRAINS par jour dans les deux sens.		TEMPS en minutes.	
		Vapeur.	Electricité.	Vapeur.	Electricité.
Milan à Gallarate. .	40,3	10	35	60	34
Gallarate à Varese. .	18,8	7	27	28	18
— à Laveno. .	31,2	6	8	81	50
— à Arona . .	25,8	5	8	45	45
Varese à Porto-Ceresio	14,1	5	6	28	28

Sur la ligne Milan-Gallarate-Varese, le nombre des trains sera augmenté de 8 à 28 ; la dépense par kilomètre de ligne s'élèvera donc de 7 930 fr à 17 200 fr par an. Le capital est estimé à dix millions qui, à 3,5 p. 100, augmenteront encore les frais annuels de 350 000 fr ou 2 720 fr par kilomètre, soit une augmentation totale de 12 000 fr environ par kilomètre et par an. Or, les recettes atteignent seulement 9 300 fr par kilomètre et par an, de sorte que pour couvrir l'intérêt et l'accroissement des frais, le trafic devra croître de 129 p. 100. Mais, à l'achèvement de la station hydraulique, la dépense de combustible sera supprimée et, de ce fait, l'augmentation du trafic ne devra plus être que de 80 p. 100.

En ce qui concerne la réduction du tarif, la Compagnie de l'Adriatique en a fait l'expérience sur la ligne de Bologne-Saint-Felice ; une réduction de 40 p. 100 a quintuplé le trafic des voyageurs et les recettes ont été doublées. Dans cette expérience, on a employé des voitures à accumulateurs, en doublant la vitesse et la fréquence des trains. Sur la ligne de Milan-Varese, la réduction du tarif entraînera une chute de 20 p. 100 des recettes, le trafic restant le même, et comme, à tarif égal, le trafic doit croître de 80 p. 100, il devra croître d'au moins 200 p. 100 dans les nouvelles conditions. Mais les compagnies ont toute confiance dans l'avenir du nouveau système et sont assurées que les recettes couvriront largement les dépenses.

En Angleterre, les tarifs actuels sont plus élevés; les dépenses d'installation pour une station génératrice le seraient aussi ; l'auteur conclut que le trafic devrait être accru de 61 p. 100 pour couvrir l'accroissement du fait de la transformation.

Avec le tarif de 1/2 penny par mille (0,031 fr par kilomètre) le trafic devrait être triplé.

L'auteur insiste bien sur cette considération qu'il ne faut pas s'attendre, dans l'équipement électrique des chemins de fer, à une réduction des dépenses d'exploitation, et que cette transformation ne donnera des résultats financiers acceptables que dans le cas où l'on pourra compter sur une augmentation du trafic pour compenser les frais supplémentaires.

Même en Italie, c'est cet accroissement du trafic qui tend à favoriser le développement du chemin de fer électrique et non, comme on semble le croire, l'utilisation des chutes d'eau qui diminue seulement dans une certaine mesure l'augmentation requise du trafic. L'auteur estime que le bon marché de la houille en Angleterre place le pays dans des conditions plus favorables à ce point de vue, que l'Italie avec ses chutes d'eau.

La densité bien supérieure de la population en Angleterre assure évidemment des chances beaucoup plus considérables à l'augmentation future de l'intensité du trafic [1] et, par suite, au succès de la substitution de l'électricité à la vapeur.

Discussion. — Dans la discussion qui suit cette communication, MM. Langdon, président, et Ch. Steel, pensent qu'il est difficile de déduire une conclusion rationnelle d'une comparaison entre les chemins de fer italiens et anglais, ces derniers ayant un trafic bien plus considérable et des lignes bien plus chargées. Ce fait s'oppose à l'introduction d'un service rapide, et M. Steel se demande ce que deviendrait le trafic général, par exemple sur le « Great Northern Railway », si l'on créait un service de trains à 5 minutes d'intervalle ? Selon cet orateur, l'électricité ne peut être appliquée qu'aux trains de voyageurs,

[1] L'auteur rappelle que Milan a une population de 471 000 habitants, et que Gallarate, Varese, Arona, Busto Arsizio n'en ont que 8 000, 6 000, 4 000 et 13 000 respectivement. La population de Birmingham est à peu près celle de Milan, et en prenant les villes les plus importantes sur les lignes issues de Birmingham, dans un rayon de 72 km, on trouve que leur population est de 39, 41, 63, 86, 101, 109, 121 et 185 milles habitants.

en créent des lignes spéciales, dont la dépense dans le voisinage de Londres serait prohibitive.

M. Sayers répond qu'il n'est pas moins vrai que l'introduction de services plus rapides, en économisant le temps et l'argent des voyageurs, augmenterait aussi sûrement le trafic que l'a fait, dans les transports urbains, la substitution de l'électricité à la traction animale.

M. Cooper estime qu'en ce qui concerne les lignes suburbaines, l'électricité conduira à une manipulation plus aisée du service et augmentera, par suite, la capacité des lignes.

Quant aux lignes secondaires interurbaines, c'est à elles surtout que doivent s'appliquer les conclusions de M. Carus-Wilson au sujet de l'augmentation nécessaire du trafic. Pour les grandes lignes, où ni le trafic, ni la vitesse ne sont guère susceptibles d'accroissement, il est plus important de savoir quelle économie d'exploitation apportera l'électricité; l'auteur n'a pas parlé de l'équipement électrique des trains de marchandises dont l'exploitation est si coûteuse (1) et dont le nombre de trains-kilomètre est d'environ les deux-tiers du trafic total. Il y aurait, avec l'électricité, une grande économie à réaliser sur le rendement désastreux des locomotives dans les garages.

Dans sa réplique, M. Carus-Wilson se défend d'avoir voulu aborder le problème dans toute sa généralité. Les essais actuels des Compagnies italiennes portent sur des lignes comportant 7 à 8 trains par jour dans chaque sens; ce ne sont évidemment pas là des grandes lignes. Néanmoins, ces essais ont été précédés de toutes les études nécessaires pour se rendre compte de l'augmentation probable du trafic due aux plus grandes facilités qu'introduirait l'électricité. L'orateur conseille aux directeurs des chemins de fer anglais d'imiter cet exemple, au lieu de compliquer le problème par leur parti pris.

La suite de cette discussion étant reprise dans une séance ultérieure, nous en rendrons compte prochainement. P.-L. C.

Section locale de Dublin

Notes sur les chutes d'eau et leur exploitation électrique en Irlande, par **W. Tatlow**. *Journal of the Inst. of El. Eng.*, t. XXXI, p. 1146-1169, n° de juin 1902.

Il n'existe pas de houillères de quelque importance en Irlande, aussi le développement de l'industrie est-il intimement lié, dans ce pays, à l'utilisation des chutes d'eau. L'auteur reconnaît qu'une station de lumière électrique actionnée par des forces motrices hydrauliques peut n'être pas d'une exploitation très rémunératrice ; la dépense de combustible dans ces stations étant, en général, assez faible vis-à-vis de l'intérêt et de l'amortissement du capital ; d'autant plus qu'une installation de secours mue par la vapeur est en général nécessaire pour parer aux inondations ou à la sécheresse. Il n'en est plus de même quand il s'agit de distribuer l'énergie à une ligne de tramways ou de chemin de fer, ou à une usine électrochimique ; ces exploitations donnant lieu à un coefficient d'utilisation très élevé (1).

En ce qui concerne le capital par cheval-vapeur admissible dans une exploitation économique, il dépend de facteurs très divers, tels que le prix de la houille, la consommation des machines, le coefficient d'utilisation, et les imprévus dans le débit des chutes d'eau. Le maximum du capital par cheval paraît avoir été atteint à Lyon, où il est de 2 100 fr. par cheval, le minimum est réalisé à Vallorbe (Suisse), à savoir 86 fr environ. Les usines du Niagara vendent l'énergie à raison de 100 fr. par cheval-an aux grands consommateurs et les industries électro-chimiques fonctionnant sans arrêt ne paient que 0 fr 0146 par kilowatt-heure.

L'auteur estime à 90 cm la moyenne des pluies tombant sur toute l'Irlande, à 120 m l'altitude moyenne au-dessus du niveau de la mer ; en admettant qu'un tiers de cette eau circule dans les rivières, on serait conduit à une puissance théorique de 1 million et quart de chevaux. En se basant sur l'utilisation du Shannon et de l'Erne, l'auteur ramène la puissance

(1) Ainsi, on estime qu'une locomotive actuelle effectue un parcours moyen de 38,73 p. 100 en sus de celui du train, pour les garages et les aiguillages.

(1) Ainsi sur les 166000 chevaux utilisés par l'industrie électrochimique sur le continent, 149000 sont entièrement fournis par les chutes d'eaux. Les chutes d'eau de l'Irlande peuvent, selon l'auteur, mettre ce pays en état de lutter avantageusement contre la concurrence étrangère en matière de produits chimiques, grâce à la substitution récente des procédés électriques aux anciens mode de fabrication qui exigeaient une grande dépense de combustible. Ainsi l'usine électrochimique de Cork fabrique des produits d'une grande pureté, et dont une partie est même expédiée en Allemagne.

disponible à 300 000 chevaux, mais il croit que la moitié seulement de cette puissance pourrait être réellement utilisée, à moins d'emmagasiner les eaux torrentielles.

En 1839, la puissance hydraulique exploitée était de 2 147 chevaux et ce chiffre ne doit pas être bien plus élevé aujourd'hui étant donné le grand nombre de moulins abandonnés depuis. Il y a environ 800 chevaux utilisés actuellement pour la lumière électrique; ce qui donne une idée du développement dont les forces hydrauliques sont susceptibles.

L'auteur constate qu'il y a, en réalité, un nombre restreint de chutes importantes, mais il n'est pas rare de rencontrer un grand nombre de barrages à faible chute (1,50 m à 3 m) se suivant à des intervalles de 600 m environ sur le même cours d'eau; on pourrait construire une ligne recueillant l'énergie en ces divers points pour la transporter ensuite en bloc à des distances plus favorables pour l'exploitation des usines. L'auteur estime que l'emploie de génératrices triphasées asynchromes permettrait un fonctionnement économique de ces petites stations.

Un certain nombre de rivières irlandaises sont en communication avec des lacs que l'on pourrait utiliser comme réservoirs naturels; mais au lieu de construire les turbines pour le débit minimum, l'auteur pense qu'il est plus économique de les établir pour le débit moyen et d'adjoindre des moteurs à vapeur, à gaz ou à huile.

L'auteur termine sa communication en indiquant les points les plus importants où les eaux de rivières pourraient être captées et utilisées dans un rayon plus étendu.

Dans la discussion qui suit cette communication, plusieurs orateurs donnent quelques renseignements complémentaires sur l'orographie et le régime des pluies en Irlande. L'un d'eux, M. Ruddle, estime que l'on exagère assez souvent l'économie de la force motrice hydraulique; le combustible n'entre, en effet, que pour 25 p. 100 environ dans les dépenses de stations à vapeur. En Irlande, en particulier, les centres principaux sont situés au voisinage de la mer, ce qui diminue de beaucoup les frais de transport du charbon. Enfin, les stations hydrauliques ne peuvent guère se passer de machines à vapeur de secours (¹).

(¹) L'auteur rappelle qu'à Zurich la force motrice est fournie par 12 000 chevaux hydrauliques et 3 000 à vapeur; à Oerlikon, la puissance fournie par les machines à vapeur est triple de celle recueillie par le transport de Hochfelden; enfin à Schaffhouse, il y a de très puissantes machines à vapeur de secours, et cette région est cependant privilégiée sous le rapport des chutes d'eau.

SECTION LOCALE DE NEWCASTLE

Séance du 17 février 1902

L'appareillage téléphonique moderne, par **F.-A.-S. Wormull.** *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, t. XXXI, p. 1234-1245, août 1902.

L'auteur, après avoir décrit le montage en série, passe au système des signaux par relais, dont il expose le fonctionnement. Des diagrammes indiquent la disposition des circuits.

Pour établir une communication, l'employée a quatre opérations à effectuer : 1° insérer la fiche et répondre; 2° insérer la fiche correspondante dans le numéro demandé; 3° presser le bouton de sonnerie pour appeler l'abonné; 4° mettre la clef d'écoute. Pour couper le circuit, il faut deux mouvements : 1° ôter la clef d'écoute; 2° ôter le conjoncteur.

Le courant nécessaire pour ce système est fourni par une batterie d'accumulateurs à 11 éléments, chargée de préférence par un moteur générateur qu'alimente le réseau de la ville. Il faut avoir en double la batterie et le moteur-générateur, pour éviter l'arrêt du service en cas d'accident.

Le troisième système décrit par l'auteur est celui dans lequel le courant nécessaire pour les signaux et la conversation est fourni par une source centrale d'énergie. Des diagrammes indiquent les connexions des lignes d'abonnés, des conjoncteurs, etc. Pour établir une communication, il faut quatre mouvements, et deux pour la couper. Ces mouvements sont les mêmes que dans le système précédent.

Le courant nécessaire est fourni normalement par une batterie de 11 accumulateurs, mais, pendant les heures les plus chargées de la journée, on se sert d'une dynamo à enroulement spécial, qui alimente le réseau en même temps qu'elle recharge les accumulateurs. Cette dynamo, actionnée par un moteur à quatre pôles de 12 chevaux branché sur le réseau de la ville, fournit 200 ampères à 30 volts. P. L.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 13 octobre 1902 (1).

***La déviation magnétique et électrique des rayons Becquerel et la masse électromagnétique des électrons*, par W. Kaufmann.** *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 577-579.

Dans une publication antérieure (2) l'auteur a démontré que le rapport $\frac{\varepsilon}{\mu}$ de la charge ε à la masse μ des électrons va en diminuant quand la vitesse q s'approche de la vitesse c de la lumière. Il en résulte qu'en supposant constante la charge ε, la masse μ augmente et devient infinie pour $q = c$, résultat prévu par la théorie électromagnétique.

Des considérations théoriques développées par M. Max Abraham (3) permettent de comparer quantitativement les résultats de l'expérience et de la théorie. C'est cette comparaison que M. W. Kaufmann a effectuée (4).

(1) Aucune communication d'ordre électrique n'a été faite à la séance du 6 octobre.

(2) *Nachrichten d. Ges. der Wissenschaften zu Göttingen*, 1901, n° 2.

(3) *Ibidem*, 1902, n° 1.

(4) Pour la « masse transversale », c'est-à-dire la masse correspondant à des accélérations qui sont perpendiculaires à la vitesse de l'électron, M. Abraham donne l'équation suivante :

$$(1) \qquad \mu = \mu_0 \frac{3}{4} \psi(\beta),$$

où μ_0 représente la valeur de μ pour de petites vitesses, $\beta = \frac{q}{c}$ et

$$(2) \qquad \psi(\beta) = \frac{1}{\beta^2}\left[\frac{1+\beta^2}{2\beta}\log\frac{1+\beta}{1-\beta} - 1\right].$$

La méthode que j'ai employée pour mesurer simultanément $\frac{\varepsilon}{\mu}$ et q peut être nommée *méthode des spectres croisés*.

Une légère parcelle de matière radioactive se trouve sur le fond d'une petite caisse de laiton. Les rayons émanant de cette parcelle passent entre deux lames de laiton parallèles et isolées. Ils tombent sur un diaphragme de platine pourvu d'un trou d'un diamètre d'environ 0,2 mm qui en laisse passer un faisceau étroit ; ce faisceau impressionne la plaque photographique, enveloppée dans une feuille mince d'aluminium battu. (Distance de la source radioactive au diaphragme, ainsi que celle du diaphragme à la plaque photographique : environ 2 cm ; distance des deux lames : environ 1,2 mm).

Quand tout l'appareil est placé dans un tube à vide, on peut charger à 2000-5 000 volts l'une des lames, l'autre étant à terre. Les rayons ayant traversé le champ électrique sont dispersés en un spectre électrique sur la plaque photographique. En superposant au champ électrique un champ magnétique provenant d'un électro-aimant, entre les pôles duquel l'appareil est placé, on obtient un spectre magnétique perpendiculaire au spectre électrique : l'ensemble des deux spectres forme une courbe $y = f(z)$, où y signifie la déviation électrique et z la déviation magnétique. Sauf quelques petites corrections (voir W. Kaufmann, *Nachrichten d. Ges. der Wissensch. zu Gött.*, 1902, n° 5), on peut poser :

$$(3) \qquad \beta = k_1 \frac{z}{y},$$

$$(4) \qquad \frac{\varepsilon}{\mu} = k \frac{z^2}{y},$$

ou, à cause de (1) et (2),

$$(5) \qquad \frac{y}{z^2 \psi\left(k_1 \frac{z}{y}\right)} = k_2$$

k_1, k_2 et k étant des constantes).

L'équation (5) est l'équation de la courbe photographique, qui peut être mesurée directement ; on cherche la valeur de k_1 qui rend minimum l'expression

$$\Sigma\,(k_2 - \overline{k_2})^2,$$

c'est-à-dire la somme des carrés des différences entre les k_2 et leur moyenne arithmétique $\overline{k_2}$.

Si ces différences sont petites et qu'elles ne montrent pas de marche régulière, on peut regarder la théorie comme vérifiée.

Les épreuves photographiques qu'il avait obtenues lors de sa première publication ne permettaient que des mesures relativement peu précises, parce que l'activité du radium employé était trop faible. Grâce à M. et Mme Curie qui ont mis à sa disposition quelques parcelles de leur chlorure de radium pur, M. Kaufmann a pu obtenir des plaques assez bonnes pour permettre des mesures d'une précision très satisfaisante.

Les résultats des mesures de plusieurs de ces plaques (1) furent tout à fait conformes à la théorie de M. Abraham ; les écarts moyens ne dépassent pas 1 à 1,4 p. 100. On doit donc, conclut M. Kaufmann, regarder comme prouvé que *la masse de l'électron est entièrement électromagnétique* ; cela veut dire que *l'électron n'est autre chose qu'une charge électrique distribuée sur un volume ou une surface de dimensions très petites (environ 10^{-13} cm)*.

(1) Les résultats seront publiés prochainement dans la *Physikalische Zeitschrift*.

Si l'on calcule $\frac{\varepsilon}{\mu_0}$ on obtient

$$\frac{\varepsilon}{\mu_0} = 1{,}84.10^7 \quad \text{(el. magn. un.)},$$

résultat conforme à celui trouvé pour les rayons cathodiques par M. S. Simon [1] :

$$\frac{\varepsilon}{\mu_0} = 1{,}865.10^7.$$

Séance du 20 octobre 1902.

Sur les paramètres élastiques des fils de soie, par **F. Beaulard**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 623-626.

Malgré l'emploi fréquent des fils de soie dans les suspensions bifilaires des instruments de mesures, les paramètres élastiques de cette substance n'ont jamais été déterminés, à la connaissance de l'auteur du moins, et, comme la valeur numérique du module d'Young est nécessaire pour effectuer la correction de rigidité, M. Beaulard a été amené, en vue de cette correction, à effectuer la détermination des coefficients d'élasticité des fils de soie.

La détermination du moment du couple de torsion et du module d'élasticité de torsion ne présente aucune difficulté [2], celle du coefficient d'élasticité de traction présente quelques particularités intéressantes, qui font l'objet de cette note.

« On constate, en effet, dit M. Beaulard, qu'il n'y a pas, à proprement parler, de coefficient d'élasticité de traction E, diminuant quand la charge augmente ; on constate également que β diminue très rapidement, pour atteindre une valeur constante dès que la charge atteint quelques grammes ; cela résulte du tableau suivant, extrait d'un tableau plus étendu :

$P = 40^g$	$E = 13{,}17.10^{10}$	$\sigma = 502$	$\beta = 3{,}81.10^{-9}$
120	7,90	301	3,81
200	5,23	199	3,80
280	3,74	129	3,64

« On vérifie en outre que, par le retour à une charge nulle, le fil ne reprend pas sa longueur primitive L_0 ; il y a un allongement résiduel $L'_0 - L_0$ qui peut atteindre le $\frac{1}{40}$ de la longueur initiale.

« Si l'on répète une deuxième série de mesures, sur le même fil, on constate que les variations de E sont déjà moins marquées, et que l'allongement résiduel $L''_0 - L'_0$ est moindre que dans le premier cas ; on trouve, par exemple,

$P = 40^g$	$E = 2{,}008.10^{10}$	$\sigma = 76$	$\beta = 3{,}77.10^{-9}$
80	2,008	76	3,77
120	2,092	79	3,77
160	1,951	73	3,73
200	1,626	70	3,76

« Ce résultat permet déjà de penser que le fil de soie est affecté d'hystérésis et susceptible par suite de déformations permanentes, conformément aux idées développées à ce sujet par M. P. Duhem [1], et vérifiées par M. E. Lenoble [2] pour les fils métalliques. C'est ainsi que j'ai été amené à soumettre le fil à des variations cycliques, par charges croissantes et décroissantes, de façon à revenir à une charge nulle, pour recommencer ensuite un deuxième cycle [3] »

(1) *Wiedemann's Annalen*, 1899, p. 589.

(2) Soient : c le moment du couple de torsion ; μ le coefficient de Coulomb, c'est-à-dire l'expression numérique d'un couple capable de tordre d'un radian un cylindre de 1 cm de diamètre et de 1 cm de hauteur ; α l'allongement de l'unité de longueur d'un fil de section unité, sous l'unité de charge ; $E = 1/\alpha$ le module d'élasticité de traction ; φ le module d'élasticité de torsion, ou coefficient de rigidité ; β la contraction latérale, c'est-à-dire la diminution de l'unité de longueur dans le sens transversal ; $\sigma = \beta/\alpha$ le coefficient de Poisson.

Entre ces quantités, on a les relations suivantes :

$$\mu = \frac{cl}{d^4}, \qquad \varphi = \frac{32}{\pi}\mu, \qquad 1 + \sigma = \frac{1}{2\alpha\varphi}, \qquad \beta = \sigma\alpha.$$

L'expérience permet de déterminer c par la méthode des oscillations, et α par la mesure des allongements sous des charges données ; et, par suite, de calculer μ, φ, σ et β.

Pour un fil formé de 20 brins tirés d'un même écheveau de soie écrue, M. Beaulard a trouvé $c = 0{,}164$ et $\varphi = 1{,}288.10^{10}$.

(1) P. Duhem, *Société des Sc. phys. et nat. de Bordeaux*, 18 mai 1899.

(2) E. Lenoble, *Sur les déformations permanentes des fils métalliques* (Thèse), Bordeaux, 1900.

(3) Voici les résultats de ces recherches :

« Si la durée d'action de la charge est courte, il arrive que le fil continue à s'allonger sous une charge moindre que la charge maxima, mais voisine de celle-ci ; pour éviter cette complication dans les expériences qui suivent, la durée d'action a toujours été suffisante pour que l'état permanent correspondant à une charge donnée soit

Lames minces métalliques obtenues par projection cathodique, par **L. Houllevigue**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 626-627.

On sait que, lorsqu'on produit l'effluve dans un gaz raréfié, la substance de la cathode est projetée en tous sens dans l'espace environnant ; cette propriété a déjà été utilisée en Amérique pour obtenir des miroirs et des résistances de platine. M. Houllevigue a constaté qu'elle permet de déposer sur un support quelconque (verre, fibre, lame métallique, etc.) des couches minces adhérentes des métaux suivants : platine, palladium, fer, nickel, cobalt, cuivre, bismuth ; les autres métaux, qui n'ont pas encore été essayés, se prêteraient vraisemblablement à l'application du même procédé ; seul, le charbon n'a donné, après 7 jours d'essais, aucun dépôt visible.

Les pellicules déposées sur verre sont les plus intéressantes à étudier (1).

---

atteint (à $\frac{1}{20}$ de millimètre près) ; si l'on porte en abscisses les charges et en ordonnées les longueurs du fil, on constate : 1° que la première courbe descendante du premier cycle coupe en un seul point la courbe ascendante du deuxième cycle ; 2° qu'à chaque cycle, l'allongement résiduel $L'_0 - L_0$ diminue et tend vers une valeur nulle ; 3° que, dès le troisième ou quatrième cycle, ascendantes et descendantes sont linéaires et se superposent ; dans ces conditions, et lorsque le fil a atteint cet état pseudo-limite, E a une valeur constante, indépendante de la charge ; le calcul donne les résultats suivants :

$$E = 2{,}52.10^{10}, \qquad \sigma = 95, \qquad \beta = 3{,}78.10^{-9}.$$

« Après un long repos (2 mois) le même fil donne, pour le troisième cycle :

P	E	σ	β
$= 40^g$	$E = 2{,}23.10^{10}$	$\sigma = 86$	$\beta = 3{,}86.10^{-9}$
80	2,23	88	3,87
100	2,06	80	3,86
120	2,03	78	3,86

c'est-à-dire en moyenne

$$E = 2{,}15.10^{10}, \qquad \sigma = 83, \qquad \beta = 3{,}86.10^{-9}.$$

» En adoptant la valeur $E = 2{,}52.10^{10}$ et appliquant la formule de correction de Kohlrausch, pour tenir compte de la raideur du fil, qui agit sur le bifilaire comme si les fils étaient raccourcis de δ, on trouve $\delta = 0{,}443$ cm pour une suspension de longueur égale à 87 cm. La correction atteint donc seulement 0,5 p. 100, à peu près. »

(1) Pour les obtenir, on place la lame de verre à métalliser, de 20 cm² environ dans mes expériences, sur une large anode horizontale en aluminium ; à 12 mm ou 15 mm au-dessus se trouve une lame horizontale du métal à déposer, qui constitue la cathode, et le tout est placé dans un récipient où le vide est fait à la trompe jusqu'à quelques centièmes de millimètres. Le flux est fourni par le secondaire d'une bobine Ruhmkorff (type Ducretet à interrupteur indépendant) ; alors l'espace sombre de Hittorff qui entoure la cathode vient à peu près au contact de la lame de verre à métalliser.

Le flux électrique commence par purger la cathode des gaz occlus ; cette première période est particulièrement longue avec le platine et surtout avec le palladium ; lorsqu'elle est terminée, la substance propre de la cathode est projetée à son tour et va se fixer, partie sur la lame de verre placée en regard, partie sur l'anode métallique. Quand le dépôt est jugé d'épaisseur convenable, on arrête l'opération, on laisse refroidir l'appareil, on fait rentrer l'air et l'on retire la lame métallisée.

Les dépôts obtenus peuvent présenter tous les degrés de transparence ou d'opacité, suivant la durée de l'opération (quelques heures ou plusieurs journées) ; leur épaisseur n'est pas rigoureusement uniforme et, avec le dispositif employé, s'est montrée plus faible au centre et suivant les diagonales de la lame. Ils présentent (surtout les dépôts de cuivre) les irisations des lames minces ; leur pouvoir réflecteur est considérable et ils sont assez adhérents pour pouvoir être essuyés avec un blaireau ou du papier de soie.

M. Houllevigue a pu faire, avec des pellicules de ce genre, les essais suivants :

1° Une lame de bismuth préparée par ce procédé, et placée normalement dans un champ magnétique égal à 2250, n'a éprouvé aucune variation dans sa résistance électrique, égale à 26,90 ohms. M. Leduc avait observé déjà que le bismuth est d'autant plus sensible au magnétisme que sa texture cristalline est plus accusée. Or, il semble bien que le bismuth obtenu par projection cathodique soit complètement amorphe ; des essais pour lui donner le grain cristallin par recuit à 350° ont échoué, le métal ayant été altéré par cette opération.

2° Les lames transparentes de fer, placées normalement au champ d'un électro-aimant de Ruhmkorff, permettent de constater aisément l'existence du pouvoir rotatoire magnétique : une variation de champ égale à 12250 unités a produit une rotation positive égale à 1°18', déduction faite de la rotation due à la lame de verre qui sert de support.

En revanche, l'auteur n'a pas encore réussi à observer sur le même métal, placé parallèlement au champ magnétique, l'existence de la double réfraction signalée par Righi ; le dispositif employé pour cet essai était celui du polariscope de Bravais à teinte sensible, avec interposition d'une lame demi-onde sur une des moitiés du champ. »

Le Gérant : C. NAUD

Tome XXXIII. Samedi 15 novembre 1902 9e Année. — N° 46.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

SUR LA THÉORIE DES BOBINES D'INDUCTION

1. Le mémoire de lord Rayleigh (1) sur la bobine d'induction a beaucoup attiré l'attention, et s'il n'a pas eu tout le succès qu'il mérite, cela tient à la forme un peu abstraite sous laquelle la théorie a été présentée. Au point de vue de la rupture, ce mémoire ne contient rien qui n'ait déjà été dit sous d'autres formes ; seules les expériences de rupture brusque sont nouvelles, mais elles étaient prévues. En réalité, ce qu'il y a de plus intéressant et de plus nouveau dans ce mémoire, c'est la manière d'envisager le rôle du fer ; nous verrons plus loin qu'en développant cette théorie on arrive à des conclusions pratiques intéressantes.

Un autre mémoire beaucoup plus long, mais certainement beaucoup moins important, a été publié par M. J.-Ed. Ives (2) ; c'est une thèse dont une partie, consacrée au développement mathématique de la question, n'est que le rappel des formules bien connues. La partie expérimentale renferme des observations sur l'influence du noyau de fer et des mesures d'induction et de capacité, ainsi que l'analyse d'un courant alternatif industriel par la méthode de Pupin. Le mémoire se termine par un essai d'explication de l'étincelle de rupture. Nous examinerons ces différents points à mesure qu'ils se présenteront dans le cours de ce travail.

(1) On the Induction Coil. *Philosophical Magazine*, t. II, p. 581, décembre 1901. *L'Éclairage Électrique*, t. XXXII, p. 29, juillet 1902.

(2) Contributions to the Study of the induction Coil. *Physical Review*, t. XIV, p. 280, mai-juin 1902 et t. XV, p. 7, juillet 1902.

2. Le point de départ de lord Rayleigh, c'est l'équation de l'énergie du champ électromagnétique ; la considération d'énergie a déjà été invoquée plus ou moins explicitement dans les travaux antérieurs.

Une conséquence que tire lord Rayleigh de l'équation générale de Maxwell peut prêter à confusion [1] si on cherche à l'étendre aux circonstances de la pratique : une partie de l'énergie du champ n'est pas disponible dans le secondaire et *représente l'énergie de l'étincelle primaire*. Il faut ajouter que cette énergie *n'est pas uniquement celle de l'étincelle primaire*, car si la rupture n'est pas mathématiquement instantanée, ce qui est le cas en pratique, l'étincelle primaire absorbe une partie beaucoup plus importante de l'énergie totale.

3. Le rôle de la capacité du secondaire a été jusqu'ici apprécié de façons tout à fait différentes : les uns, négligeant la distribution de cette capacité le long du fil secondaire, la supposent réunie aux deux bornes ; les autres, comme lord Rayleigh (*loc. cit*), tiennent compte seulement de la capacité entre le primaire et le secondaire, sans s'occuper de la capacité de l'enroulement. Les mesures tentées pour résoudre cette question sont également contradictoires.

Il ne paraît pas possible, dans l'état actuel, de trancher la question : le calcul est extrêmement ardu et, faute de données expérimentales certaines, ne peut conduire qu'à des idées erronées ; l'expérience directe paraît au moins aussi difficile.

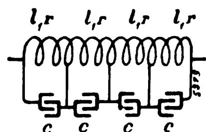


Fig 1.

Nous pouvons cependant, par des considérations plus élémentaires et en nous basant sur ce qui se passe avec les courants alternatifs, dans un cas théorique simple, trouver la cause des divergences entre certains expérimentateurs.

Considérons un système de n bobines (fig. 1), *rigoureusement semblables*, reliées en tension entre elles et connectées également avec des condensateurs, ce système pourra représenter le secondaire d'une bobine cloisonnée *théorique*.

Si, dans l'intérieur de ces bobines, nous plaçons une bobine primaire parcourue par un courant $I = I_0 \sin \omega t$; si M est le coefficient d'induction mutuelle du primaire sur chaque section, l, r et c la self-induction, la résistance et la capacité de chaque section, la force électromotrice induite dans chaque section a pour valeur :

$$e = \omega M I_0 \cos \omega t.$$

Tant qu'il n'y a pas de courant extérieur, c'est-à-dire tant que la bobine est parcourue seulement par le courant de charge des capacités élémentaires :

$$i = c \frac{du}{dt},$$

la différence de potentiel u aux bornes de chaque section est :

$$u = \frac{\omega M I_0}{\sqrt{(1 - \omega^2 lc)^2 + \omega^2 r^2 c^2}} \cos (\omega t + \varphi), \qquad (1)$$

et

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{- \omega rc}{1 - \omega^2 lc}. \qquad (2)$$

---

[1] *L'Éclairage Électrique.*, t. XXXII, p. 29.

Les n bobines étant semblables, le maximum de la différence de potentiel totale, aux bornes du secondaire, est donc :

$$U = n\,u = \frac{n\omega M I_0}{\sqrt{(1-\omega^2 lc)^2+\omega^2 r^2 c^2}}.$$

Est-il possible de déterminer expérimentalement les capacités élémentaires c ?

M. Walter [1] a observé les oscillations du champ électromagnétique du *secondaire seul*, le condensateur primaire étant supprimé. Qu'a-t-il mesuré dans ces conditions ? Est-ce la capacité c ci-dessus ou une autre quantité ? Il est évident que, dans le cas très simple qui nous occupe, si nous abandonnons le système à lui-même, les condensateurs étant chargés, des oscillations électriques, plus ou moins rapidement amorties, vont prendre naissance et ces oscillations, qui seront identiques dans chaque bobine élémentaire, auront une période :

$$T = 2\pi\sqrt{cl},$$

en négligeant l'amortissement. Si nous connaissons l, la mesure de c est simplement subordonnée à la mesure de T, ce qui est relativement facile.

Dans ses expériences, M. Walter a calculé d'après la valeur de la self-induction *totale* $L = n^2 l$, au lieu de la self-induction de chaque bobine, qu'il ne connaissait d'ailleurs pas, le nombre n des sections étant variable d'une bobine à l'autre. Cette confusion l'a conduit à une valeur *fictive* c' de la capacité, telle que :

$$2\pi\sqrt{cl} = 2\pi\sqrt{c'L} \qquad \text{ou} \qquad c' = c\,\frac{l}{L} = \frac{c}{n^2}.$$

Ceci explique la divergence entre Walter et Oberbeck ; celui-ci attribuant à la bobine de Walter une capacité de 5×10^{-4} microfarad, tandis que la mesure directe, faite par le procédé des oscillations, a donné au premier une valeur 450 fois moindre. Si la capacité était uniquement répartie entre les sections, il suffirait d'une division en 22 sections pour expliquer la différence et retrouver le chiffre d'Oberbeck :

En calculant le maximum de la différence de potentiel d'après la valeur de c' et de L, on arrive à une valeur U', différente de U :

$$U' = \frac{n\omega M I_0}{\sqrt{(1-\omega^2 L c')^2 + \omega^2 r^2 c'^2}},$$

Le rapport :

$$\frac{U^2}{U'^2} = \frac{(1-\omega^2 lc)^2 + \dfrac{\omega^2 r^2 c^2}{n^4}}{(1-\omega^2 lc)^2 + \omega^2 r^2 c^2},$$

montre que si $n > 1$, U' est plus grand que U ; donc il est nécessaire d'introduire la valeur vraie c des capacités élémentaires dans le calcul, sinon on est conduit à des valeurs trop élevées de la différence de potentiel.

Une autre conclusion peut être tirée des équations (1) et (2). Si nous supposons les bobines, toujours identiques comme enroulement, disposées sur un inducteur de longueur finie, les coefficients M et l ne sont plus semblables, ils varient régulièrement du centre aux bouts de la bobine. La différence de potentiel totale est encore la somme des différences de potentiel des bobines élémentaires, mais, bien que les forces électro-

(1) *L'Éclairage Électrique*, t. XIX, p. 147, 29 avril 1899.

motrices soient naturellement de même phase, *les différences de potentiel ne le sont plus* d'où un abaissement du potentiel maximum aux bornes. Cet effet ne doit pas être très grand dans les bobines où *n* est grand, néanmoins il existe et il est bon d'en tenir compte. A ce point de vue, les bobines à circuit magnétique fermé sont *théoriquement* meilleures, puisque l'on peut admettre que M et *l* sont semblables pour toutes les bobines élémentaires.

M. Ives (*loc. cit.*) a essayé de mesurer aussi la capacité secondaire au moyen de la résonance. Le moyen qu'il a employé consiste à envoyer dans le circuit primaire un courant alternatif industriel, dont on a préalablement déterminé les harmoniques. La mesure de la différence de potentiel aux bornes du secondaire et l'adjonction de capacités connues à ce

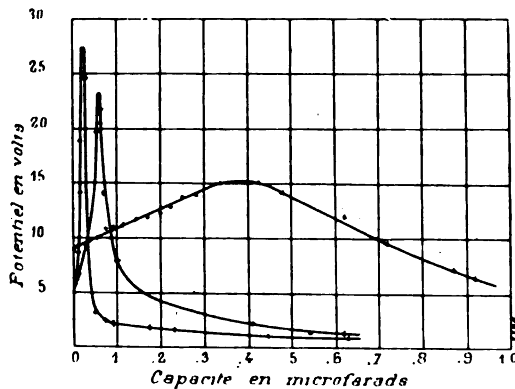


Fig. 2.

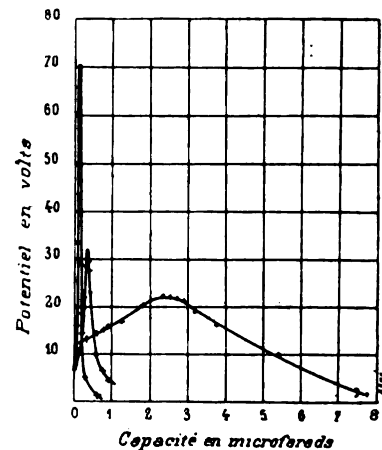


Fig. 3.

circuit, permettent de le mettre en résonance avec chacun des harmoniques. La différence entre la capacité calculée pour la résonance et la capacité employée pour l'obtenir, donne la valeur de la capacité apparente du secondaire dans ce cas.

Les figures 2 et 3 montrent les différences de potentiel en fonction des capacités ajoutées; on voit très nettement la résonance sur la période principale et les harmoniques 3 et 5. Le tableau ci-dessous résume les données relevées sur ces courbes ; les différences entre *c* calculé et observé sont trop petites pour donner un résultat sérieux, surtout étant donné que *c* observé est relevé sur une courbe dont le tracé est assez incertain.

Fréquence.	*c* observé.	*c* calculé.	Self-induction du secondaire.
60	0,403 microfarad.	0,421 microfarad.	11,1 henrys.
180	0,066 —	0,071 —	— —
300	0,024 —	0,027 —	— —
60	0,237 —	0,257 —	20,8 —
180	0,036 —	0,039 —	— —
300	0,014 —	0,015 —	— —

Il est évident, en outre, que la capacité ajoutée aux bornes modifie complètement le rôle de la capacité répartie dans toute la bobine : il faudrait calculer la relation entre la valeur ainsi mesurée et celle qui doit entrer dans le calcul de la différence de potentiel.

4. Parmi les expériences ayant pour but la mesure des potentiels explosifs, il faut citer celles de M. Klingelfuss [1]. Ce travail est basé sur les formules qui donnent le rapport

[1] *Wied. Ann.*, t. LI, p. 837, 1901. *Écl. Élect.*, t. XXX, p. 481, 29 mars 1902.

entre les forces électromotrices primaire et secondaire, formules que j'ai établies en 1894 et que l'auteur attribue à M. Walter (1898).

Les formules :

$$E_1 = I_0\sqrt{\frac{L_1}{C}} \quad \text{et} \quad E_2 = I_0\frac{M}{\sqrt{L_1C}},$$

ne sont vraies que tant que l'on fait abstraction de l'étincelle de rupture.

La relation :

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{M}{L},$$

représente seulement le rapport des *forces électromotrices* développées par les oscillations et il ne faut pas en conclure que si la différence de potentiel maximum au primaire est connue, il suffit de multiplier par $\frac{M}{L}$ pour avoir la différence de potentiel qui fait éclater l'étincelle au secondaire.

J'ai montré ([1]) que les étincelles primaire et secondaire *n'éclatent pas au même instant*, l'étincelle primaire précédant plus ou moins l'étincelle secondaire ; ce n'est donc que dans le *cas limite*, lorsqu'on cherche la plus grande longueur d'étincelle qu'il est possible d'obtenir dans des conditions données, que l'on peut admettre, comme première approximation, que le rapport des différences de potentiel est égal au rapport de transformation $\frac{M}{L}$. Cette méthode pour mesurer les potentiels explosifs doit toujours conduire à des voltages trop élevés ; ceci est confirmé par la comparaison des résultats de Klingelfuss avec ceux des autres expérimentateurs.

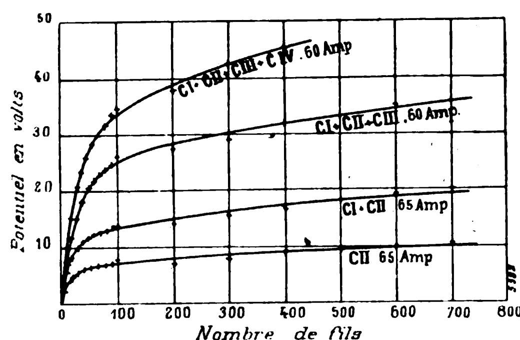


Fig. 4.

L'étincelle disruptive n'est d'ailleurs pas un phénomène assez bien défini actuellement pour que l'on puisse trouver une grande concordance entre les résultats. Si l'on prend le phénomène *à la limite*, cette limite est extrêmement difficile à préciser, car, avant l'étincelle franche, il y a des aigrettes plus ou moins fortes et en augmentant la différence de potentiel le phénomène se modifie lentement, sans qu'il soit possible de dire quand commence l'étincelle disruptive. De plus, lorsque le potentiel est tel que l'étincelle éclate, un accroissement d'intensité, dans le circuit primaire, augmente le *volume* de l'étincelle secondaire sans augmenter notablement le potentiel explosif, bien que la différence de potentiel primaire ait augmenté. L'opinion de M. Klingelfuss est, au contraire, que le potentiel explosif augmente avec la *grosseur* de l'étincelle.

5. Le travail de M. Ives n'apporte rien de nouveau sur le rôle du fer, les essais ayant été faits, sur ce point, avec le courant alternatif, en mesurant la force électromotrice secondaire pendant qu'on faisait varier le nombre de fils de fer composant le noyau. L'auteur suppose que les coefficients d'induction mutuelle M et de self-induction primaire L, varient proportionnellement au nombre x des fils de fer et il trouve ainsi :

$$E_2 = \frac{\omega E_1 kx}{\sqrt{\omega^2k^2x^2 + R_1^2}}$$

([1]) *L'Éclair. Élect.*, t. XXII, p. 121, 27 janvier 1900.

La figure 4, qui résume une série d'essais, donne bien l'impression d'une équation de cette forme ; cependant cette formule est bien arbitraire, car elle ne tient pas compte de la perméabilité variable du fer, or, quand le nombre de fils augmente, la force démagnétisante augmente aussi, donc le fer doit être moins vite saturé.

La théorie de lord Rayleigh envisage le rôle du fer d'une façon sûre et permet de calculer son action dans différents cas. On savait jusqu'ici que la présence du fer était nécessaire pour augmenter la puissance spécifique des bobines et l'expérience avait également démontré que dans un circuit magnétique rigoureusement fermé son action était nulle. Le calcul de lord Rayleigh explique ces phénomènes et, en le développant, on peut comparer les bobines à noyaux droits avec celles à circuit magnétique presque fermé.

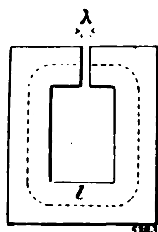


Fig. 5.

Prenons d'abord un circuit fermé comme celui de la figure 5. Appelons :

$\mathcal{B}$, l'induction magnétique dans le fer,

S, la section du fer et celle de l'entrefer supposées égales,

$\Phi = \mathcal{B}Sn$, le flux total embrassé par la bobine,

n, le nombre de tours de la bobine magnétisante,

l, la longueur des lignes de force dans le fer,

λ, la longueur des lignes de force dans l'entrefer,

μ, la perméabilité du fer,

$\mathcal{H}$, la force magnétisante,

$\mathcal{I}$, l'intensité d'aimantation.

L'équation classique du circuit magnétique, en négligeant les fuites, donne :

$$4\pi n I = \mathcal{B}S\left(\frac{l}{\mu S} + \frac{\lambda}{S}\right)$$

ou, en remplaçant $\frac{\mathcal{B}}{\mu}$ par la force magnétisante $\mathcal{H}$:

$$4\pi n I = \mathcal{H}l + \mathcal{B}\lambda.$$

Comme, d'autre part, $\mathcal{B} = \mathcal{H} + 4\pi\mathcal{I}$, nous pouvons écrire :

$$4\pi n I = \mathcal{H}(l+\lambda) + 4\pi\lambda\mathcal{I}, \qquad \text{et} \qquad \Phi = Sn(\mathcal{H} + 4\pi\mathcal{I}).$$

La variation d'énergie du système : dW, pour une variation du flux $d\Phi$, est :

$$dW = I d\Phi = \frac{S}{4\pi}\left[\mathcal{H}(l+\lambda) + 4\pi\lambda\mathcal{I}\right]\left(d\mathcal{H} + 4\pi d\mathcal{I}\right)$$

$$dW = \frac{S}{4\pi}\left[(l+\lambda)\mathcal{H}d\mathcal{H} + 16\pi^2\lambda\mathcal{I}d\mathcal{I} + (l+\lambda)4\pi\mathcal{H}d\mathcal{I} + 4\pi\lambda\mathcal{I}d\mathcal{H}\right];$$

or, $\mathcal{I}d\mathcal{H}$ et $\mathcal{H}d\mathcal{I}$ représentent le travail dépensé par l'hystérésis [1], il ne reste donc de disponible, sur l'énergie totale emmagasinée, que la partie représentée par les deux premiers termes de l'équation ci-dessus, d'où on tire l'énergie utile W_u :

$$W_u = \frac{Sl}{8\pi}\left[\left(1 + \frac{\lambda}{l}\right)\mathcal{H}^2 + 16\pi^2\frac{\lambda}{l}\mathcal{I}^2\right] \qquad (3)$$

[1] En réalité cette théorie n'est rigoureusement vraie que pour un cycle complet de $+\mathcal{H}$ à $-\mathcal{H}$. Dans le cycle incomplet de $+\mathcal{H}$ à O, l'énergie disponible est augmentée proportionnellement à la différence entre $\mathcal{B}$ maximum et $\mathcal{B}$ rémanent. Mais les oscillations dans les bobines font que, très probablement, la théorie ci-dessus donne la limite vers laquelle tendent les phénomènes. H. A.

En substituant la perméabilité μ et la force magnétisante.

$$\mathcal{H}' = \frac{4\pi n I}{l}$$

à $\mathfrak{J}$ et $\mathcal{H}$,

$$\mathcal{H} = \mathcal{H}' - \mathcal{B}\frac{\lambda}{l} = \frac{\mathcal{H}' l}{l + \lambda\mu},$$

$$\mathfrak{J} = \frac{\mathcal{H}'}{4\pi}\,\frac{l(\mu - 1)}{l + \lambda\mu},$$

on trouve :

$$W_u = \frac{Sl}{8\pi}\,\mathcal{H}'^2\,\frac{l^2 + \lambda l(\mu^2 + 2 - 2\mu)}{(l + \lambda\mu)^2)}. \qquad (4)$$

Cette équation est susceptible d'un maximum quand λ augmente à partir de o. Toutes simplifications faites, ce maximum est atteint quand le rapport $\frac{\lambda}{l}$ est égal à :

$$\frac{\lambda}{l} = \frac{1}{\sqrt{2\mu}}. \qquad (5)$$

La théorie confirme ainsi le résultat obtenu expérimentalement par M. Klingelfuss, qui a trouvé qu'un circuit magnétique de 23 cm de longueur, avec une coupure de 1 cm, donnait l'effet maximum. On voit également que le rapport $\frac{\lambda}{l}$ doit varier avec la perméabilité du fer, ou, autrement dit, pour un rapport donné, il y a une perméabilité qui donne l'effet maximum ; dans le cas ci-dessus, il faudrait admettre que $\mu = 265$, ce qui n'est pas trop faible si la saturation est poussée très loin.

De l'équation (3) on peut tirer cette conséquence que, quand le circuit magnétique est complètement fermé, l'énergie disponible est exactement celle que l'on aurait sans fer. Ce résultat n'apparaît pas dans le calcul de lord Rayleigh parce qu'il envisage seulement l'énergie dans le fer, en faisant abstraction du champ magnétisant.

Pour les bobines à noyaux droits, il suffit de reprendre les équations de lord Rayleigh, en y ajoutant l'action de la bobine elle-même. Le flux total embrassé par la bobine est encore :

$$\Phi = \mathcal{B}Sn = Sn(\mathcal{H} + 4\pi\mathfrak{J}),$$

en supposant, comme première approximation, que le flux est constant dans toute la longueur de la bobine magnétisante. D'autre part, en tenant compte de la relation :

$$\mathcal{H} = \mathcal{H}' - N\mathfrak{J},$$

où N est le facteur démagnétisant du noyau de fer considéré, on trouve que la variation d'énergie du système a pour valeur :

$$dW = I d\Phi = \frac{Sl}{4\pi}\left(\mathcal{H} + N\mathfrak{J}\right)\left(d\mathcal{H} + 4\pi d\mathfrak{J}\right).$$

En supprimant les termes en $\mathfrak{J}d\mathcal{H}$ et $\mathcal{H}d\mathfrak{J}$ qui représentent l'énergie dépensée par l'hystérésis, il reste :

$$W_u = \frac{lS}{8\pi}\left(\mathcal{H}^2 + 4\pi N\mathfrak{J}^2\right) \qquad (6)$$

Pour que, *à volume de fer égal*, l'énergie disponible soit la même dans les deux cas : circuit fermé (3) et circuit ouvert (6), il faut :

$$\mathcal{H}^2\left(1 + \frac{\lambda}{l}\right) + 16\pi^2\frac{\lambda}{l}\mathfrak{J}^2 = \mathcal{H}^2 + 4\pi N\mathfrak{J}^2 \qquad (7)$$

***

$\mathfrak{J}$ et $\mathfrak{H}$ peuvent être éliminés en tenant compte de :

$$\mu = 1 + 4\pi \frac{\mathfrak{J}}{\mathfrak{H}} \quad \text{d'où} \quad \frac{\mathfrak{J}}{\mathfrak{H}} = \frac{\mu - 1}{4\pi}$$

que l'on peut écrire plus simplement :

$$\frac{\mathfrak{J}}{\mathfrak{H}} = \frac{\mu}{4\pi},$$

parce que μ est toujours grand vis à vis de 1. Dans ces conditions (7) devient, en négligeant $\frac{4\pi}{\mu^2}$ devant 4π :

$$N = 4\pi \frac{\lambda}{l}. \tag{8}$$

Nous connaissons le rapport $\frac{\lambda}{l}$ le plus favorable ; en introduisant la valeur donnée par (5) dans (8), nous obtenons :

$$N = \frac{4\pi}{\sqrt{2\mu}}.$$

Comme N est une fonction inverse du rapport de la longueur au diamètre du noyau, on voit que, plus la perméabilité est élevée, plus on peut augmenter la longueur du noyau ; mais, comme la perméabilité n'est pas constante, il faut se contenter d'une valeur moyenne, et il semble que le rapport généralement admis, lequel est voisin de 10 et correspond à $N = 0{,}25$ environ, est bon puisqu'il donne le maximum pour une perméabilité de 1 250, ce qui est très admissible.

Le facteur démagnétisant N d'une bobine à noyau droit doit être égal à 0,55 pour que cette bobine soit dans des conditions identiques à celles de la bobine citée plus haut, ce qui conduit à un rapport de 5,6 seulement entre la longueur et le diamètre du noyau de fer.

Ces calculs n'ont évidemment rien d'absolu, mais ils montrent que si le circuit magnétique presque fermé donne, *à volume de fer égal*, des résultats supérieurs au circuit magnétique ouvert, cela tient à d'autres causes qu'à une meilleure utilisation *magnétique* du fer. Parmi les raisons que l'on peut invoquer pour expliquer l'amélioration, signalée par M. Klingelfuss, il faut mettre celle que nous avons citée plus haut : égalité des capacités et des self-inductions des bobines élémentaires. Par contre, la disposition à circuit fermé rapproche les bornes secondaires et n'est pas favorable pour la construction des bobines à grande longueur d'étincelles.

6. La longueur d'étincelles donnée par une bobine d'induction dépend du condensateur employé : très faible sans condensateur, elle va en augmentant jusqu'à une certaine valeur de la capacité pour décroître ensuite à peu près suivant la loi prévue par la théorie.

Les expériences de Mizuno ont nettement mis en évidence le fait, déjà connu antérieurement, de l'existence d'une valeur *optimum* pour la capacité du condensateur primaire.

Les uns attribuent l'existence de cette valeur optimum à la variation de la perméabilité du noyau de fer, les autres l'attribuent à la présence de l'étincelle de rupture. J'ai, ici même [1], essayé d'expliquer le phénomème par le *retard* de l'étincelle de rupture sur le moment de la rupture matérielle du circuit.

L'explication de M. Ives est plus simple, mais, comme il le reconnaît lui-même, l'expé-

---

(1) *L'Éclairage Électrique*, t. XXII, p. 171, 27 janvier 1900.

rience ne la vérifie pas. Le raisonnement part de l'idée suivante, très courante aujourd'hui : « Si le contact mobile de l'interrupteur peut être éloigné assez vite pour que le potentiel n'ait pas le temps de s'élever à la valeur nécessaire pour perforer le diélectrique, il n'y aura pas d'étincelle. »

Soit V_c la différence de potentiel aux bornes du condensateur [1], V_r la différence de potentiel capable de faire franchir la distance entre les points de rupture — potentiel explosif — ; V_c et V_r sont deux fonctions différentes du temps. Pour qu'il n'y ait pas d'étincelle à l'interrupteur, il faut et il suffit que le potentiel du condensateur augmente moins vite que le potentiel explosif, c'est-à-dire il faut que l'on ait :

$$\left(\frac{dV_c}{dt}\right)_{t=o} \leq \left(\frac{dV_r}{dt}\right)_{t=o}.$$

Or, en négligeant l'amortissement, on peut écrire :

$$V_c = \frac{I_0}{C\nu} \sin \nu t,$$

$$\frac{dV_c}{dt} = \frac{I_0}{C} \cos \nu t,$$

et :

$$\left(\frac{dV_c}{dt}\right)_{t=o} = \frac{I_0}{C},$$

I_0 étant l'intensité du courant au moment de la rupture,
C la capacité du condensateur,
et $\nu = \sqrt{\frac{1}{CL} - \frac{R^2}{4L^2}}$, la période des oscillations.

Si, d'autre part, on admet que le potentiel explosif est, pour les très petites distances, proportionnel à la distance que doit franchir l'étincelle, on a, x étant cette distance

$$V_r = ax,$$

$$\frac{dV_r}{dt} = a\,\frac{dx}{dt},$$

et comme $\frac{dx}{dt}$ est la vitesse de séparation des points de contact de l'interrupteur

$$\left(\frac{dV_r}{dt}\right)_{t=o} = av_0,$$

il faut donc avoir :

$$\frac{I_0}{C} \leq av_0,$$

d'où on tire la capacité optimum C_0 :

$$C_0 = \frac{I_0}{av_0}. \qquad (10)$$

Autrement dit la capacité optimum C_0 est proportionnelle à l'intensité I_0 et inversement proportionnelle à la vitesse de rupture ; enfin C_0 *est indépendant de l'inductance du circuit*. La vitesse v_0 est ce que l'auteur appelle la *vitesse de sécurité* ou bien la *vitesse optimum*.

L'indépendance entre la capacité optimum et l'inductance du circuit est en contradiction absolue avec ce que l'on a toujours observé, et il serait difficile de trouver une expérience capable de confirmer cette manière de voir.

---

[1] Dans tout ce qui suit, il n'est plus question que du circuit primaire, comme si le secondaire n'existait pas.

Les expériences que M. Ives a entreprises, pour démontrer la théorie ci-dessus, ne lui sont guère favorables. Afin de déterminer la vitesse de sécurité dans différents cas, il a fait usage d'un interrupteur à chute, dans lequel un poids, en tombant, déterminait la rupture brusque du circuit et imprimait à l'organe mobile du contact une vitesse déterminée par la hauteur de chute. Le circuit secondaire était relié à un électromètre et on mesurait l'*impulsion* causée par la décharge ; cette impulsion était évidemment proportionnelle au carré moyen de la force électromotrice oscillante développée dans le circuit. Le tableau ci-dessous et la figure 6 montrent quelques-uns des résultats obtenus. Le tableau renferme la vitesse de rupture v, en centimètres par seconde, et le potentiel moyen V_m, en volts.

C 0,25 microfarad.		0,25		0,25		0,5		0,5	
I_0 2,0 ampères.		2,0		2,0		2,2		2,2	
v	V_m	v	V_m	v	V_m	v	V_m	v	V_m
36,3	4,9	36,3	5,7	19,0	5,2	21,0	5,7	20,3	5,1
15,3	4,8	12	5,4	8,7	5,6	9,0	5,6	10	5,2
13	4,5	3,2	4,8	3,3	5,4	2,3	5,3	5	5,4
9,3	4,8			3,1	5,5	2,1	4,9	2,5	4,6
6,5	3,9			0,2	4,9	2,0	5,1	1,0	4,5
0,9	4,8					1,0	4,8	0,3	4,7
						0,4	5,1		
						0,3	4,9		

On voit sur les courbes, figure 6, que s'il y a augmentation du potentiel, variable avec la capacité et avec la vitesse, cette augmentation est loin de correspondre à celle que l'on est en droit d'attendre. En effet, il semble que la théorie ci-dessus doit conduire à cette conclusion qu'au-dessous de la vitesse optimum toute l'énergie emmagasinée doit passer par l'étincelle de rupture et que l'on ne doit presque rien obtenir dans le secondaire.

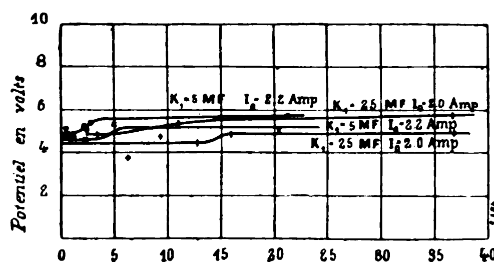


Fig. 6.

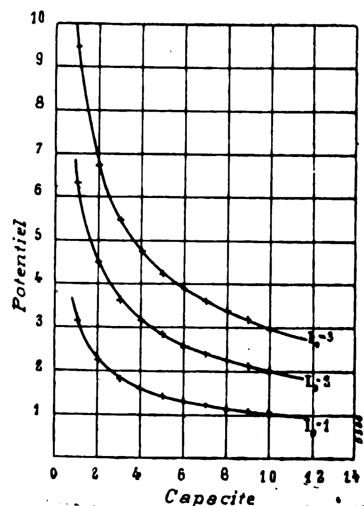


Fig. 7.

Partant de la formule (10) et les mesures de Earhart [1] sur les potentiels explosifs lui fournissant la constante a, M. Ives a calculé les vitesses de sécurité pour des capacités de 1 — 0,5 et 0,25 microfarad. Il trouve ainsi des vitesses de 1,34 — 2,67 et 5,34 cm par

[1] *L'Éclairage Électrique*, t. XXVIII, p. 297, 24 août 1901.

seconde. Ces vitesses sont extrêmement faibles et toujours dépassées dans les interrupteurs employés couramment.

En réalité, ce que ces expériences montrent une fois de plus, c'est l'exactitude des mesures de Mizuno et des théories antérieures. Jusqu'à la valeur optimum, M. Ives trouve que la différence de potentiel secondaire croît comme une fonction linéaire de la capacité :

$$V_m = bC,$$

au delà, il semble bien que l'on a, conformément à la théorie élémentaire des oscillations :

$$V_m = I_0 \sqrt{\frac{L_2}{C}},$$

L_2 étant la self-induction du secondaire. Les courbes de la figure 7 extraites du mémoire en question montrent bien cette forme.

La théorie de M. Ives diffère de celle que j'ai donnée (*loc. cit.*) en ce qu'il ignore l'existence du retard de l'étincelle de rupture : il admet que les deux fonctions V_c et V_r peuvent être tangentes à l'origine (fig. 8), tandis que j'ai observé qu'elles ne le sont pas. Si l'on admet avec moi que le retard de l'étincelle de rupture peut être figuré par une ordonnée à l'origine de la courbe V_r, fig. 9, — V_r peut être une droite ou une fonction quelconque — on voit qu'une étincelle doit éclater au moment où V_c devient plus grand que V_r; le *condensateur se décharge* par l'étincelle et les conditions se retrouvent alors les mêmes qu'au temps o, à la grandeur près, la variation de I doit devenir nulle et on doit trouver un point de rebroussement de la courbe. L'intensité primaire doit donc présenter la forme de la courbe I, figure 9. *Le point de rebroussement est très nettement visible avec les oscillographes ;* il est rarement fixe, l'état des surfaces de contact se modifiant à chaque étincelle entraîne le changement de la fonction V_r. La théorie que j'ai donnée a donc, sur celle de M. Ives, l'avantage de deux vérifications faciles: 1° Observation du retard de l'étincelle sur l'instant de la rupture matérielle du contact ; 2° La forme de la courbe du courant primaire I.

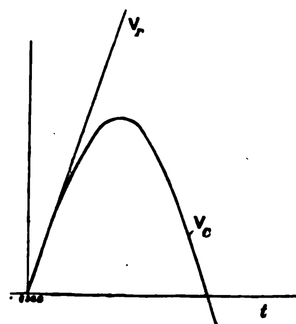


Fig. 8.

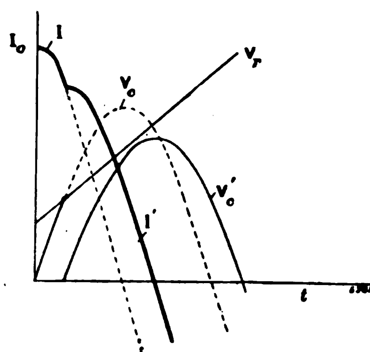


Fig. 9.

H. Armagnat.

LA FABRICATION ÉLECTROTHERMIQUE DE L'ACIER

PAR LE PROCÉDÉ HARMET

Récemment, *L'Éclairage Électrique* décrivait (t. XXXIII, p. 45, 11 octobre 1902) le procédé appliqué en Bretagne par la Compagnie électrothermique Keller, Leleux et Cie pour la fabrication de l'acier au four électrique. Dans le même numéro de ce journal était don-

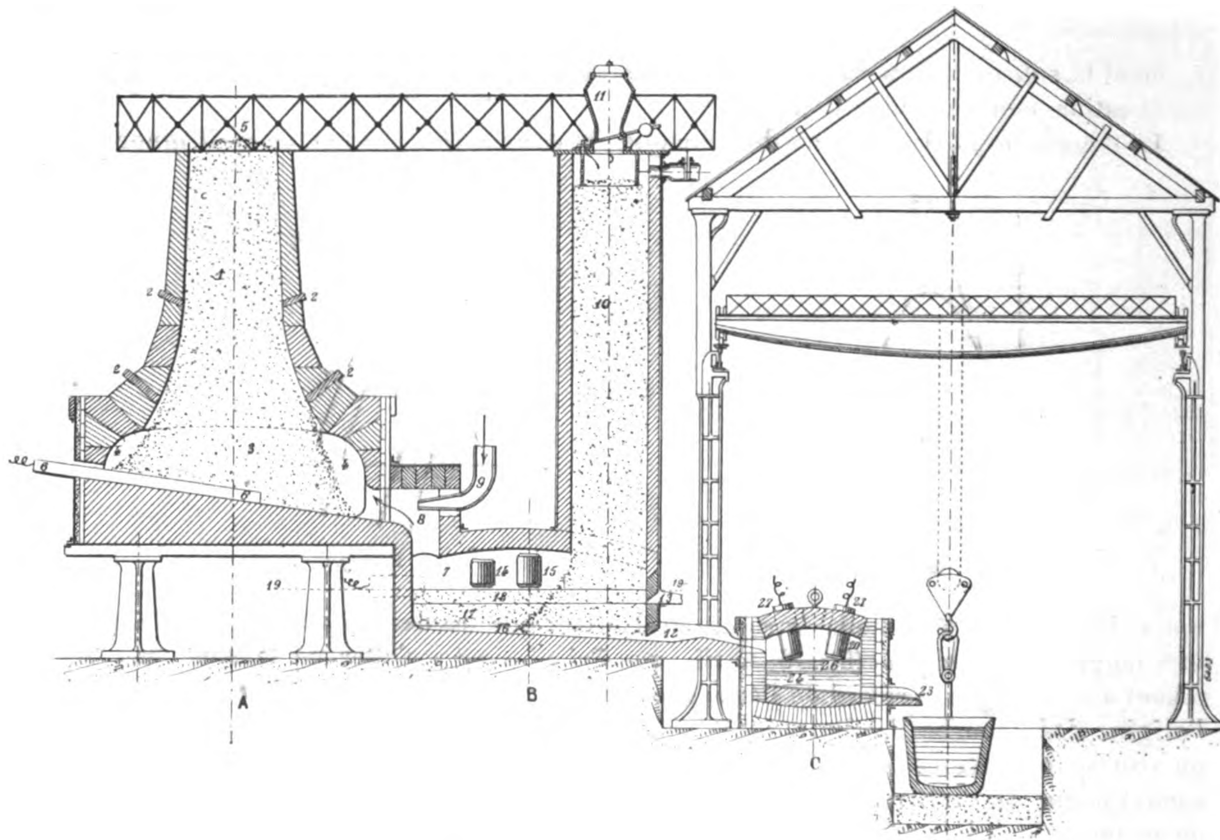


Figure 1. — Schéma d'une installation complète..

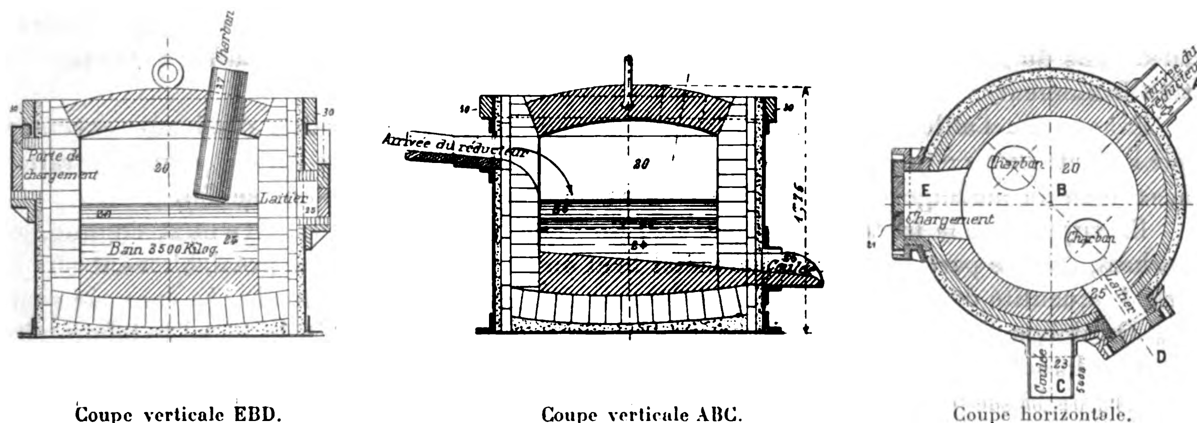
1, Cuve recevant le minerai. — 2. Trous de travail. — 3. Laboratoire de fusion. — 4. Partie annulaire libre. — 5, Gueulard, — 6. Electrodes en charbon. — 7, Réducteur. — 8, Canal d'échappement des gaz du réducteur. — 9, Tuyère. — 10, Cuve à coke. — 11, Appareil de chargement. — 12, Canal d'écoulement du métal. — 13. Canal d'écoulement du laitier. — 14 et 15, Electrodes en charbon. — 16, Métal brut. — 17, Oxydes incomplètement réduits. — 18. Laitier. — 19, Niveau du laitier. — 20, Laboratoire d'affinage. — 21, Porte de chargement. — 22, Chenal d'arrivée du métal brut. — 23, Trou de coulée du métal. — 24, Bain métallique. — 26. Laitier. — 27. Electrodes.

née (p. xxviii) une description sommaire d'un procédé imaginé par M. Harmet, ingénieur en chef des Fonderies, Forges et Aciéries de Saint-Etienne. L'intérêt que présente, au point de vue de l'utilisation des nombreuses chutes d'eau dont est dotée la France, cette nouvelle application de l'électricité nous engage à donner de ce procédé une description plus complète empruntée à une conférence de M. Beutter à la Société de l'Industrie minérale.

L'appareil comporte trois parties principales : 1° le four de fusion des minerais A ; 2° le laboratoire de réduction B ; 3° le régulateur ou four Martin électrique C, pour l'affinage et

la mise au point du métal. La vue d'ensemble de l'installation est représentée en coupe figure 1.

Four de fusion. — Le minerai est chargé par le gueulard de la cuve 1, dont la base s'épanouit pour déboucher dans la voûte du four de fusion 4. Celui-ci est un four à section horizontale circulaire, dont la sole est inclinée vers le canal 8 de communication avec le laboratoire de réduction, ou réducteur 7. Au-dessous de la cuve 1, le minerai forme, sur la sole, un talus à pente naturelle, autour duquel circulent, dans l'espace libre 4, les gaz incandescents venant du réducteur 7. Ces gaz, montant dans le canal 8, ou dans un certain nombre de canaux semblables, sont insufflés d'air dans le laboratoire de fusion par une ou des tuyères 9. Ils fondent le minerai placé sur la sole, montent dans la masse poreuse de la cuve et en commencent le ramollissement pour s'échapper ensuite librement par le gueulard.



Coupe verticale EBD. Coupe verticale ABC. Coupe horizontale.

Fig. 2 à 4. — Four d'affinage ou régulateur.

Pour régulariser la répartition de la chaleur dans la charge d'oxyde et suppléer à l'insuffisance de calories provenant des gaz seuls, de longues électrodes en charbon 6, placées sur la sole pénètrent jusqu'au centre du talus ; mais ce ne sont là que des sources de chaleur auxiliaires à n'employer qu'accessoirement.

Réducteur. — Le réducteur ou laboratoire de réduction B comprend également une cuve cylindrique verticale 10 qu'on charge, par la partie supérieure, de la matière réductrice, coke, charbon de bois, anthracite. Le creuset de réduction présente une sole inclinée avec, à son point le plus bas, un trou de coulée et une gouttière 12 pour le métal. Au-dessus de ce trou, un second orifice 13 est pratiqué dans la paroi pour l'écoulement du laitier. L'arc électrique qui fournit la chaleur nécessaire à la réduction des oxydes métalliques par le carbone jaillit près de la surface entre des paires d'électrodes en charbon telles que 14-15.

Après quelque temps de marche le fond du creuset est recouvert de métal liquide, audessus duquel se trouve un mélange de laitier et d'oxyde incomplètement réduit ; le laitier à peu près pur surnage. Il est évident que les fragments de coke ou de charbon formant la surface du talus d'éboulement, au bas de la colonne 10, sont soulevés par les liquides et ne tardent pas à remplir le creuset jusqu'au niveau libre du laitier La masse liquide circule alors comme dans le creuset d'un haut fourneau ordinaire dans les vides laissés par les fragments du réducteur.

Four d'affinage ou régulateur. — Le métal brut obtenu dans le réducteur est déversé dans le four d'affinage, ou régulateur, par le canal de coulée 12.

Ce four, représenté en détail par les figures 2 à 4, est une chambre à section circulaire dont la voûte est traversée par des électrodes en charbon qui arrivent jusqu'au-dessus du

laitier. Outre une porte de chargement et deux trous de coulée pour le métal et le laitier, il existe dans la paroi, plus haut que le niveau des liquides, un chenal pour l'arrivée du réducteur.

M. Harmet fait remarquer que l'affinage au régulateur électrique ressemble à l'affinage au four Martin, en faisant observer toutefois que la température élevée dont on dispose et qu'on applique directement sur la masse à chauffer, dans le four électrique, permet des réactions presque impossibles au Martin où le maximum de chaleur se porte sur les parois qui ont peine à résister. De plus, l'affinage électrique dispose de tous les agents oxydants et réducteurs utilisés au four Martin, mais l'oxygène, la vapeur d'eau et l'anhydride carbonique contenus fatalement, en des proportions variables, dans les gaz calorifères du Martin ne sont pas imposés dans le régulateur électrique. Ainsi, il est possible de demander à l'oxyde de fer seul la combustion du carbone de la fonte, ce qui, de l'avis de l'auteur, donne un meilleur acier. Quant à la désulfuration, elle est favorisée par le fait que les gaz flottant au-dessus du bain sont naturellement réducteurs ; aussi le départ du soufre s'effectue-t-il très facilement.

Examinons d'ailleurs, avec M. Harmet, la marche d'une opération d'affinage exécutée sur la fonte seule d'un réducteur à garniture basique (il est clair qu'on pourrait traiter aussi bien un mélange de fonte et de riblons ou une charge de riblons seuls).

En supposant la fonte peu sulfureuse, de composition approximativement connue, et sachant, d'autre part, quel poids de métal brut on va traiter, on place préalablement sur la sole la quantité de minerai nécessaire pour la décarburation de cette charge sans air soufflé. On débouche alors le trou de coulée du réducteur et on remplit de métal le laboratoire du régulateur jusqu'à environ 0,10 m au-dessous du niveau admis pour l'écoulement du laitier ; on laisse le trou ouvert pour que le métal brut continue à s'écouler du régulateur pendant sa production. On commence l'affinage par la chaleur de l'arc, l'oxygène du minerai s'empare du carbone de la fonte et produit de l'oxyde de carbone ; le laitier, poussé par l'arrivée continue de la fonte brute, s'évacue de lui-même au fur et à mesure de sa formation jusqu'à ce qu'on arrête la charge en fonte en fermant le creuset du réducteur. Enfin, on termine l'affinage en prenant des éprouvettes qui permettent de faire les additions convenables de minerais et de matières carburées. M. Harmet conseille de laisser ensuite reposer le bain métallique pendant quelque temps avant d'effectuer la coulée qui s'opère, comme avec le Martin en poche, puis en lingotière.

Au cas où la fonte présenterait une forte teneur en soufre, l'opération comprendrait une phase réductrice avec emploi d'un laitier extra-calcaire manganésé. Bien que cette phase puisse suivre la décarburation, l'auteur conseille de la placer au début. La sole du régulateur est alors garnie du laitier désulfurant avant la coulée de la fonte brute ; l'addition de minerai se ferait après le départ de ce laitier.

Il est d'ailleurs évident qu'on peut, avec ce régulateur, non seulement obtenir toutes les nuances d'acier au carbone, mais encore toutes les variétés d'aciers spéciaux ; la production de ces derniers s'obtient en effet très simplement par additions de métaux purs ou de ferros et avec d'autant moins de pertes que ni l'atmosphère au-dessus du bain, ni ce dernier ne sont oxydants.

On voit que dans ce procédé, comme d'ailleurs dans le procédé Keller, la continuité de la fabrication est obtenue par l'exécution des deux opérations essentielles, réduction et affinage, dans des appareils distincts ; le réducteur remplaçant le haut fourneau et le régulateur jouant le rôle d'un four Martin avec des qualités propres.

Un même réducteur peut d'ailleurs alimenter plusieurs régulateurs, car l'affinage reste forcément une opération discontinue.

Quant à la consommation de calories et la dépense par tonne d'acier produit, elles ont été indiquées antérieurement, nous rappellerons seulement que l'énergie électrique nécessaire à la fabrication d'une tonne d'acier est d'environ 3600 chevaux-heure et, qu'en comptant cette énergie au prix de vente moyen dans les Alpes françaises et le coke à 25 fr la tonne, l'inventeur estime à 29,24 fr la dépense de fabrication d'une tonne d'acier, soit :

360 kg de coke à 25 fr la tonne	9,00 fr
2 024 500 calories à 0,01 fr les 1 000 calories	20,24
	29,24 fr

La fabrication au haut fourneau ordinaire et au four Martin, reviendrait à 42 fr. 50, soit :

1 000 kg de coke à 25 fr. la tonne	25,00 fr
Machinerie du haut fourneau	5,00
500 kg de houille à 25 fr la tonne	12,50
	42,50 fr

Il y aurait donc, en admettant l'égalité des frais de main d'œuvre, une économie de 13 fr. 26 par tonne en faveur du procédé électrique. M. Harmet en conclut à la possibilité de la lutte entre ces deux procédés.

J. Reyval.

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION

Appareil Shackleton et Flather, pour le retour automatique aux chaudières des eaux de condensation. *Revue Industrielle*, t. XXXIII, p. 414, 18 octobre 1902.

Cet appareil, construit par la maison Royles, et dont la figure 1 donne une coupe, doit être établi à 1,20 m au moins au-dessus du plan d'eau de la chaudière; le tube partant de la soupape d'arrêt N doit plonger dans l'eau de celle-ci ; enfin un tube partant de la chambre de vapeur de la chaudière et aboutissant en E doit être installé.

Le fonctionnement est le suivant : l'eau condensée, arrivant par O, remplit graduellement le vase B qui déborde dans l'intérieur du vase A ; celui-ci s'enfonce et entraîne la tige C qui, déplaçant le tiroir D, fait entrer la vapeur dans l'appareil ; en même temps le cadre H s'abaisse et le galet pesant K, en roulant, lui fait prendre la position indiquée en traits ponctués, ce qui active le mouvement de descente de la tige C.

L'arrivée de la vapeur dans l'appareil fait croître

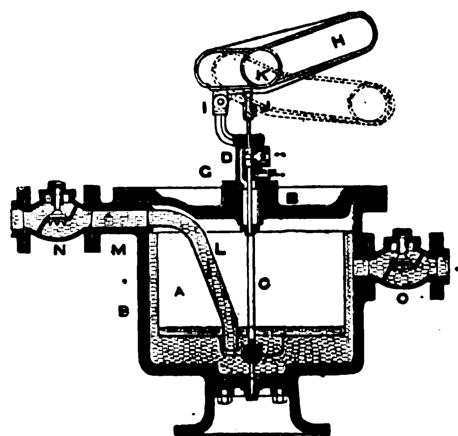


Fig. 1.

A, flotteur circulaire en cuivre; B, récepteur en fonte ; C, tige glissant verticalement ; D, tiroir équilibré ; E et F, orifices de la boite à tiroir G ; J, biellette ; H, culbuteur pivoté en I ; K, galet ; L, tube communiquant avec la chaudière par la tubulure M de la valve d'arrêt N ; O, valve d'arrêt à travers laquelle l'eau condensée arrive à l'appareil.

la pression jusqu'à la pression de la chaudière

et l'eau, siphonnée par L, passe dans la chaudière par gravité. Quand l'eau est évacuée, le flotteur remonte, l'orifice d'échappement F s'ouvre et l'orifice d'introduction E se ferme; en même temps le cadre H du basculeur se relève et le galet, revenant en K, diminue la charge s'exerçant sur le flotteur. Quand la vapeur s'est échappée de l'appareil, les eaux de condensation recommencent à couler dans l'appareil et le cycle des opérations se renouvelle.

Méthode G. Bienaimé pour trouver le rendement d'une dynamo, par la méthode des pertes séparées, au moyen d'une source auxiliaire d'électricité de voltage moindre que celui de la dynamo considérée, d'après une brochure communiquée par M. **G. Bienaimé**, ingénieur de l'Institut industriel du Nord.

Parmi les différentes méthodes de mesures employées pour mesurer le rendement d'une dynamo génératrice, c'est-à-dire le rapport entre l'énergie électrique disponible aux bornes de la dynamo et la puissance totale absorbée par cette dynamo, il en est une, la méthode des pertes séparées due à M. Swinburne, qui est très élégante et facilement réalisable au point de vue industriel.

Si on appelle E la tension aux bornes de la la dynamo et I le courant normal, l'énergie électrique fournie est représentée par EI; la puissance totale absorbée est égale à EI plus les pertes. Or les pertes se composent de trois parties : 1° La perte par effet Joule dans l'induit $r_a I^2$ (r_a étant la résistance de l'induit et I le courant total qui y passe); 2° La perte par effet Joule dans les inducteurs $r_d i^2$ (r_d étant la résistance des inducteurs, i le courant qui y passe); 3° La perte représentée par la puissance nécessaire pour faire tourner la machine comme moteur à vide dans le même flux et à la même vitesse.

Les deux premières pertes sont facilement calculables. Pour trouver la troisième par la méthode de M. Swinburne, on doit faire tourner la machine comme moteur à vide de telle façon que la vitesse soit la même qu'en génératrice et que la force contre-électromotrice développée par le moteur soit égale à la force électromotrice totale de la machine marchant comme génératrice; ceci à seule fin que le flux soit le même dans les deux cas.

Le voltage dont on doit disposer est donc égal à :

$$E_1 = E + r_a I$$

Il faut par conséquent, pour faire l'essai, disposer d'un voltage au moins égal à E_1. C'est la réalisation de cet essai au moyen d'un voltage inférieur à E_1 qui fait l'objet de la méthode de M. Bienaimé.

Considérons une dynamo à excitation indépendante et faisons-la marcher comme moteur à vide. On aura entre le voltage appliqué E aux bornes de l'induit et la vitesse que prendra le moteur la relation :

$$E = aN,$$

N étant le nombre de tours par minute et a une constante.

Si pour la même valeur d'excitation on fait varier E, N varie et le courant absorbé I varie aussi de telle façon que l'on a toujours sensiblement :

$$E = aN;\ E_1 = aN_1;\ E_2 = aN_2;\ N_n = aN_n\ (^1).$$

De plus si, pour la même excitation, on relève les différentes valeurs de E et les valeurs de I correspondantes, on remarque que le courant est une fonction linéaire de la tension.

$$I = \frac{k}{a} + \frac{k'}{a^2} E\ (^2) \qquad (1)$$

(1) Ceci est facile à démontrer; on a en effet :

$$E = \frac{nN\Phi}{10^8},$$

où E = voltage appliqué aux bornes; n = nombre de spires de fil enroulé sur l'induit; N = nombre de tours; Φ le champ.

Or l'excitation étant constante, Φ est constant; en effet pour la marche à vide la réaction du champ produit par l'armature sur le champ inducteur est sensiblement nulle; n étant fixe, on peut donc écrire :

$$E = aN,\ a \text{ étant égal à } a = \frac{n\Phi}{10^8}.$$

(2) En effet la puisssance EI absorbée par le moteur à vide se compose de deux éléments : 1° les pertes par courants de Foucault et 2° les pertes par hystérésis et frottements. Les premières sont proportionnelles au carré de la vitesse, les secondes sont proportionnelles à la vitesse. On peut donc écrire :

$$EI = kN + k'N^2$$

Si on prend deux axes rectangulaires et qu'on porte les E en abscisses et les I en ordonnées, l'ordonnée à l'origine est $\frac{a}{k}$, c'est le courant nécessaire au démarrage.

Soit (fig. 1) $OM = \frac{k}{a}$ et MS le lieu des points de rencontre des abscisses et des ordonnées. L'équation (1) nous montre en outre que pour un voltage OP les pertes par hystérésis et frottements sont représentées par la surface POMC, celles par courants de Foucault par la surface MADC (méthode de M. Housman).

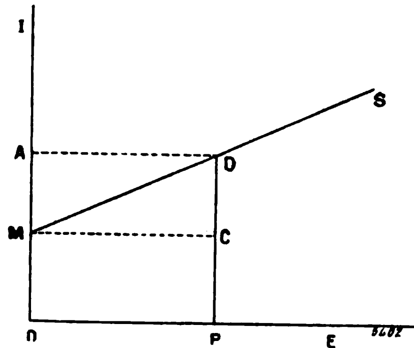


Fig. 1.

Si nous pouvions construire la première partie de la droite MS au moyen du voltage inférieur dont nous disposons, il nous suffirait de porter ensuite en abscisse le voltage E_1 que nous n'avons pas pu obtenir et nous en déduirons le courant I correspondant.

Or nous connaissons la valeur de a. Pour l'essai que nous devons faire.

$$a = \frac{E_1}{N} \quad (2)$$

Nous réglerons donc, au voltage inférieur dont nous disposons, l'excitation de telle façon qu'on ait entre la tension appliquée et la vitesse que prendra le moteur la relation :

$$E_n = aN_n$$

a étant donné par la relation (2).

Ceci fait nous maintiendrons l'excitation fixe et nous appliquerons différents voltages ; les courants correspondants seront relevés et la première partie de la droite construite. Il suffira de la prolonger et de porter E_1 en abcisse pour en déduire I. D'où $E_1 I$ puissance nécessaire pour faire tourner le moteur avec un voltage E_1 aux bornes, voltage qu'on n'a pas pu obtenir et à la même vitesse N qu'en génératrice puisque $E_1 = aN$.

Le problème est donc résolu.

La méthode peut évidemment être appliquée au rendement d'un moteur ; mais dans ce cas la question n'a pas grand intérêt, car, lorsqu'on a le moteur, on a à sa disposition la génératrice.

De même on pourrait déterminer une première partie de la droite MS en employant des voltages supérieurs à E_1. Mais ceci n'est qu'une remarque car il est toujours facile d'abaisser le voltage.

Remarquons que la source auxiliaire d'électricité employée peut, du fait que le voltage est inférieur, être de puissance moindre que celle nécessaire pour faire l'essai normal. Ceci peut avoir son intérêt lorsqu'on dispose de peu de puissance [1].

Application de la méthode au rendement d'une dynamo génératrice shunt de 110 volts 250 ampères. — La résistance de l'induit étant de 0,02 ohm, la perte dans l'induit était de $0{,}02 \times 250 = 5$ volts. La vitesse était de 840 tours.

Nous devions donc faire marcher la dynamo comme moteur à vide à la vitesse de 840 tours sous un voltage aux bornes de

$$110 + 5 = 115 \text{ volts}$$

---

kN étant le terme se rapportant à 2° et $k'N^2$ celui se rapportant à 1°.

Or :

$$N = \frac{E}{a}$$

d'où :

$$I = \frac{k}{a} + \frac{k'}{a^2} E$$

relation qui montre bien que I est fonction linéaire de E.

[1] La méthode parait ne pas être applicable dans certains cas. Par exemple si on a une génératrice à 220 volts à essayer avec une autre de 110 volts, le voltage de 110 appliqué aux bornes du circuit inducteur sera-t-il suffisant pour que le courant d'excitation atteigne la valeur nécessaire ! Cette difficulté est facilement tournée en groupant convenablement les inducteurs.

On pourrait cependant ne pas pouvoir faire l'essai dans le cas où le voltage dont on dispose appliqué séparément à chacun des inducteurs serait insuffisant pour amener le courant à la valeur nécessaire. Mais ce cas constitue une réelle exception.

a avait donc pour valeur :

$$\frac{115}{840} = 0,136$$

Au voltage 80 volts (voltage maximum dont on disposait), on a réglé l'excitation jusqu'au moment où l'on a eu :

$$80 = 0,136 \times N$$

Ceci fait on a maintenu l'excitation fixe; elle était de 2,8 ampères alors qu'elle était de 3,8 ampères en génératrice à 110 volts et en charge.

On a alors appliqué différents voltages, d'abord 29 volts puis 66 volts et relevé les différents courants. On a obtenu ainsi trois points en ligne droite On a prolongé la droite réunissant ces points, porté 115 en abscisse, et déduit que le courant nécessaire était de 19,5 ampères.

La puissance nécessaire pour faire tourner la machine à vide à 840 tours sous 115 volts était donc :

115 × 19,5.	2 242 watts.
Les pertes dans les inducteurs étaient de 110 × 3,8 = ...	418 watts.
Les pertes dans l'induit étaient de $0,02 \times \overline{250}^2$ = ...	1 250 watts.

$$\text{Rendement} : \frac{27\,082}{27\,082 + 3.910} = 0,87$$

$$27\,082 \text{ watts} = \underbrace{(250 - 3,8)}_{\text{courant utilisé}} \times \underbrace{110}_{\text{voltage aux bornes}}$$

Remarque sur la valeur de a. — Si le voltage dont on dispose est de beaucoup inférieur à celui qu'il serait nécessaire d'obtenir pour l'essai normal, il y aura un léger écart entre la valeur de *a* au voltage dont on dispose et celle correspondant au voltage qu'on n'a pu obtenir.

On sait en effet que la loi $E = aN$ n'est qu'approchée. Des essais faits sur des génératrices, par M. Bienaimé, et en passant du simple au double ont permis de constater de légers écarts de la valeur de *a*. Mais il faut cependant remarquer que, dans la méthode d'essai précédente, il ne s'agit pas d'une génératrice, mais d'une machine marchant comme moteur à vide; or la loi $E = aN$ est plus rigoureuse pour un moteur que pour une génératrice, car les courants de Foucault dans un moteur agissent en sens contraire du courant de l'induit, ce qui diminue la réaction du champ de l'armature sur le champ inducteur.

Cette variation de *a* a pour conséquence d'augmenter un peu la valeur du rendement. On sait, en effet, que dans un moteur à excitation indépendante la vitesse s'accélère avec le courant dans l'induit, donc *a* sera plus petit (pour une même excitation) à haut voltage qu'à faible voltage. On fera donc, dans le cas de grands écarts, tourner la machine un peu plus vite qu'elle ne devrait tourner, l'excitation sera par conséquent un peu moindre et le rendement trouvé supérieur.

Si dans le cas d'un très grand écart on voulait tenir compte de la variation de *a*, on pourrait faire marcher la dynamo à vide en génératrice à différentes vitesses et déterminer le nombre de tours morts entre la tension normale et celle dont on dispose; on pourrait ensuite supposer que ce nombre de tours morts est le même en moteur qu'en génératrice et corriger *a*. L'essai serait ainsi plus rigoureux.

Sur un moteur à 220 volts, en passant de 220 volts à 28 volts on avait les deux valeurs : $a = 0,45$, pour 28 volts et : $a = 0,43$ pour 250 volts. Cet exemple montre que *a* varie peu pour un grand écart de voltage.

La transformation électrolytique du plomb métallique en peroxyde de plomb, par **Franz Peters** (*Suite*) [1].

11° *Acide sulfurique et composés oxygénés du chrome.* — Thomas et Charles Cuttriss [2] plaçaient une plaque de plomb dans une solution hydratée de chromate, bichromate ou acide chromique et additionnée d'acide sulfurique et nitrique (par exemple 100 parties de solution saturée de bichromate de potasse, 10 parties d'acide sulfurique et 1 partie d'acide nitrique). Ils obtenaient ainsi rapidement une couche épaisse de peroxyde.

Fr. Peters a composé des électrolytes de densité 1,021 et renfermant pour 1 litre d'eau :

a. — 20 gr de bichromate de potassium et 12 cm³ d'acide sulfurique concentré;

b. — 20 gr d'alun de chrome et 12 cm³ d'acide sulfurique concentré.

---

(1) Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XXXII, p. 475, 27 septembre 1902.

(2) Brevet anglais 2135, du 6 mai 1882.

Les positives prenaient bientôt une faible coloration foncée, pendant que l'électrolyte devenait rouge sombre et opaque ; le dégagement d'oxygène était très faible. Le tableau suivant indique les valeurs des tensions dans les deux cas.

TEMPS DEPUIS LE COMMENCEMENT DE L'ESSAI EN HEURES	DIFFÉRENCE DE POTENTIEL EN VOLTS		INTENSITÉ EN AMPÈRES
	a	*b*	
0,25	2,338	3,080	0,620
1	2,306	3,080	0,615
3	2,302	3,054	0,620
5	2,327	3,044	0,625
23,5	3,114	3,046	0,630
26,5	2,978	2,985	0,625
29	2,978	2,921	0,625
47,5	3,036	2,978	0,650

Les valeurs plus faibles de *a* sont à attribuer en partie à des courts-circuits. Les quantités de peroxyde formé atteignaient 0,3113 gr pour *a* et 0,2708 gr pour *b*, ce qui correspond pour 100 ampères-heure à 1,1575 gr PbO^2 pour *a* et 1,0070 gr pour *b*.

12° *Sulfates alcalins.* — La formation dans les solutions de sulfates alcalins a été employée par « The Primary Battery C° Limited (1).

Hans Strecker (2) forme les plaques genre Faure, encore humides, dans une solution de sulfate de sodium à 10 à 15 p. 100 additionnée d'acide sulfurique. Ces procédés n'ont pas été étendus aux plaques Planté.

L'auteur a employé ici des électrolytes renfermant par litre d'eau :

a. — 150 gr de sulfate de soude anhydre ; densité de la solution 1,120.

b. — 150 gr de sulfate d'ammoniaque ; densité 1,070.

Les éléments, montés à cinq plaques étaient chargés 47 heures à 1,12 ampère. Dans l'élément *b* il y avait beaucoup de sels grimpants et après l'essai la solution était acide, tandis que celle de *a* était alcaline. Les plaques positives présentaient une couche brune adhérente qui, après dissolution, montrait le plomb uni.

(1) Brevets allemands 35718, du 22 mars 1885, et 39391, du 6 avril 1886.

(2) Brevet allemand 106233, du 14 octobre 1898. Brevet américain 651089 du 12 mai 1899.

Les tensions et intensités sont indiquées ci-dessous :

TEMPS DEPUIS LE COMMENCEMENT DE L'ESSAI EN HEURES	DIFFÉRENCE DE POTENTIEL EN VOLTS		INTENSITÉ EN AMPÈRES
	a	*b*	
0,5	3,238	3,080	1,17
10	3,240	3,096	1,10
47	3,280	3,156	1,02

Les quantités de peroxyde formé atteignaient 0,3665 gr pour *a* et 0,3854 gr pour *b*, soit pour 100 ampères-heure, 0,6927 gr PbO^2 pour *a* et 0,7284 gr pour *b*.

13° *Sulfate de magnésium.* — Desmond Gérald Fitz Gérald a reconnu (1) que par le remplacement de l'acide sulfurique par une solution de sulfate de magnésie, on obtient une couche d'oxyde incomparablement plus épaisse. Il recommande l'emploi d'une solution moitié saturée ($d = 1,207$) à 15° C.

Comme la solution devient acide pendant la formation, il la neutralise par la magnésie ou le carbonate de magnésie.

The Primary Battery Company (2) recommande aussi le sulfate de magnésie pour les plaques Planté et Faure et applique aussi la neutralisation.

Moricz Engl (3) forme des plaques empâtées, dans une solution de sulfate de magnésie à 3 p. 100.

Alfred James Jarman (4) utilise comme électrolyte une solution acide de sulfate de magnésie.

Washington Harris et Richard Josiah Holland (5) forment des plaques coulées sur lesquelles peut être produite une couche de sulfate de plomb, dans une solution modérément concentrée, additionnée de petites quantités d'acide sulfurique ou sélénique, d'acide acétique ou

(1) Brevet anglais 12350, du 12 septembre 1884.

(2) Brevets allemands 34092, du 1er février 1885, 39391, du 6 avril 1886, et 35718, du 22 mars 1885.

(3) Brevet anglais 16162, du 24 août 1894.

(4) Brevet anglais 6236, du 24 avril 1900.

(5) Brevet anglais 251, du 5 janvier 1897.

nitrique (comme dissolvants du plomb) et d'acétate ou de nitrate de magnésie (comme dissolvants du sulfate de plomb).

Fr. Peters a employé comme électrolyte dans ses essais des solutions renfermant par litre d'eau 150 gr (*a*) et 600 gr (*b*) de sulfate de magnésie cristallé. Les densités étaient respectivement 1,060 (*a*) et 1,200 (*b*) avant l'électrolyse, et 1,070-1,075 (*a*) et 1,215-1,230 (*b*) après.

Deux éléments à cinq plaques étaient formés dans chacune de ces solutions. L'intensité de charge était égale à 0,87 ampère.

Deux éléments a_α et b_α chargeaient 60,12 ampères-heure et les deux autres a_β et b_β, 121,14 ampères-heure.

Les électrolytes, neutres au début, devenaient acides. Les quantités de peroxyde formé étaient excessivement faibles sur a_α et b_α.

Sur les éléments a_β et b_β on trouvait respectivement comme quantité de peroxyde formé 0,1389 et 0,143 gr ce qui correspond à 0,1147 et 0,1181 gr pour 100 ampères-heure.

Un troisième élément à cinq plaques était formé dans un bain renfermant 900 cm³ d'une solution de sulfate de magnésium à 15 p. 100 additionnée d'une solution de 30 gr de sulfate d'ammoniaque et de 20 gr de potasse dans 100 cm³ d'eau. La liqueur alcaline était employée filtrée; sa densité variait de 1,082 à 1,090 pendant la formation. Après passage de 129,16 ampères-heure à l'intensité 1 ampère, les plaques étaient recouvertes d'une couche de 42,7552 gr de peroxyde pendant qu'un dépôt de 2,3618 gr PbO^2 s'était formé au fond. On en déduit une proportion de peroxyde total formé, de 34,9311 gr PbO^2 pour 100 ampères-heure.

En remplaçant l'électrolyte précédent par une solution de 30 gr de sulfate de magnésie cristallisé et 20 gr de sulfate de soude anhydre (densité 1,026), on n'obtient, dans les mêmes conditions que ci-dessus, qu'une très petite quantité de peroxyde formé. Après charge de 50,9 ampères-heure, il n'y en a que 0,4004 gr sur les plaques et 1,4036 gr dans le dépôt, ce qui correspond à une quantité totale de 3,5423 gr PbO^2 formé par 100 ampères-heure.

14° *Alun.* — Alfred James Jarman ainsi que George Washington Harris et Richard Josiah Holland ont proposé de remplacer le sulfate de magnésie par l'alun ou le sulfate d'alumine. Hermann Schoss [1] constitue des électrodes à l'aide de l'oxyde de plomb mélangé de cristaux d'alun et de potasse à 6-7° B; la formation se fait dans une solution d'alun à 3° B.

Fr. Peters a essayé comme électrolyte une solution de 27 gr d'alun dans 500 cm³ d'eau (densité 1,021) et n'a pu obtenir qu'une couche excessivement faible de peroxyde après avoir fait passer 27,066 ampères-heure dans l'élément à trois plaques.

15° *Sulfate d'ammoniaque et hydroxylamine.* — L'auteur s'est servi d'une solution de 40 gr de sulfate d'ammoniaque et de 15 gr de chlorhydrate d'hydroxylamine dans 1 litre d'eau; la liqueur faiblement acide avait une densité de 1,025. Un élément à trois plaques était chargé à une intensité moyenne de 0,45 ampère. Après passage de 21,754 ampères-heure, la quantité de peroxyde de plomb formé était de 0,4708 gr, ce qui correspond à 2,1641 gr PbO^2 par 100 ampères-heure.

16° *Sulfate d'ammoniaque et acide acétique.* — Pour une solution de 60 gr de sulfate d'ammoniaque dans 1 litre d'eau, on ajoutait 14 cm³ d'acide acétique à 90 p. 100, dont 6 cm³ au commencement de l'essai, 4 cm³ après 4 heures et 4 cm³ après 23 heures. A 18° C la densité était 1,032. Les conditions de l'essai étaient les mêmes qu'en (5 *c*) [2]. La plaque positive devenait brune, 3 minutes après fermeture du courant. Un dépôt gris blanchâtre se formait au fond du vase pendant que l'électrolyte restait assez clair. Après lavage à l'eau la plaque positive présentait de nombreuses bandes blanches. La dissolution de la couche active laissait apparaître la plaque de plomb très amincie.

L'analyse indiquait la formation de 34,6693 gr de PbO^2 après passage de 28,836 ampères-heure, ce qui correspond à 120,2276 gr PbO^2 pour 100 ampères-heure.

17° *Pyrosulfate de potassium.* — D'après Ludwig Epstein [3] on accélère la formation en additionnant les bains de pyrosulfates.

Pour essayer cette formation, l'auteur prenait deux solutions *a* et *b*, la première à 50 gr et la deuxième à 100 gr de pyrosulfate de potassium dans 1 litre d'eau. Les densités étaient 1,030

[1] Brevet allemand 112 888 du 29 janvier 1899.

[2] Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XXXII, p. 478.

[3] Brevet anglais 2807, du 14 juin 1882.

(*a*) et 1,065 (*b*). Les deux éléments à trois plaques étaient chargés 44 heures à 0,7 ampère. Après passage de 31,366 ampères-heure les quantités de PbO^2 formé étaient respectivement 0,4356 gr pour *a* et 0,2743 gr pour *b*, quantités qui correspondent à 1,3887 gr et à 0,8745 gr pour 100 ampères-heure.

18° *Sulfate de sodium et bisulfate de sodium.* — William Joseph Starkey Barber Starkey [1] a proposé la solution de sulfate de sodium comme électrolyte de l'accumulateur ou encore pour la désulfatation des plaques. Alois Zettler [2] cherche également à éviter la sulfatation par l'emploi du bisulfate d'ammonium comme électrolyte.

Dans ses essais de formation, l'auteur dissolvait dans 1 litre d'eau, 24 gr de sulfate de sodium cristallisé et 10 gr de bisulfate de sodium ; la densité du liquide obtenu était égale à 1,010 à 17° C. Les conditions de charge étaient les mêmes qu'en (8 *b*). La plaque positive brunissait après quelques minutes ; mais la couche de peroxyde formé après passage de 26,939 ampères-heure était si mince qu'il fallait renoncer à sa détermination.

19° *Bisulfate de potassium et acétate de sodium.* — L'électrolyte employé ici renfermait pour 1 litre d'eau, 24,5 gr de bisultate de potassium et 0,6 gr d'acétate de sodium cristallisé ; le poids spécifique de la solution était 1,012 à 18°C.

Un élément à trois plaques (*a*) était chargé pendant 46 heures à 0,65 ampère ; un autre élément semblable (*b*) chargeait à 0,4 ampère pendant 70,5 heures. Les plaques positives devenaient rapidement brunes ; de la matière blanche se déposait au fond des bacs. Sur la plaque (*a*) il s'était formé 0,0181 gr PbO^2 pour 30,017 ampères-heure et dans (*b*) 0,0277 gr pour 28,205 ampères-heure, quantités qui correspondent à 0.0602 gr (*a*) et 0,0983 gr (*b*) de PbO^2 pour 100 ampères-heure.

(*A suivre.*) L. J.

APPLICATIONS MÉCANIQUES

Commande à distance Siemens et Halske pour moteurs électriques. *Elektrotechnische Rundschau*, t. XIX, p. 239, 15 août 1902.

Les électromoteurs que l'on emploie pour la commande électrique à distance des gouvernails, portes d'écluses, ponts tournants, etc., doivent tourner, non seulement en charge, mais aussi et le plus souvent à vide pendant les intervalles de manœuvre. La difficulté consiste en ce que ces moteurs ont un moment d'inertie considérable qui retarde la mise en marche aussi bien que l'arrêt rapide et le maintien de la pièce dans une position déterminée. La mise en marche nécessite un fort moment de rotation, au contraire l'arrêt exige un freinage énergique. Cette dernière action s'obtient, comme il est connu, en utilisant le moteur même comme frein électrique, mais il ne faut pas développer d'étincelles puissantes aux contacts de commande, sans quoi ils

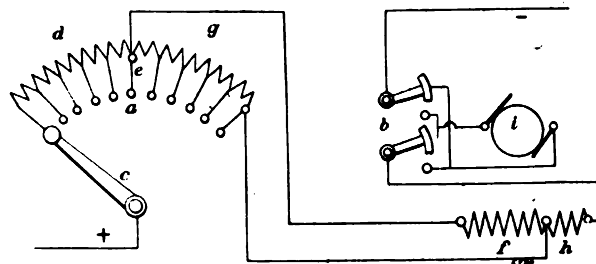


Fig. 1.

seraient rapidement mis hors d'usage. Dans le cas d'une commande de navire, l'électromoteur doit en outre avoir une consommation aussi faible que possible.

L'enroulement inducteur du moteur employé par Siemens et Halske est partagé en deux parties reliées à un dispositif commutateur, constitué par un rhéostat à plots et par un inverseur d'induit qui dans sa position médiane met l'induit en court-circuit.

Le courant (fig. 1) arrive par le balai *c* à la résistance *d*, se partage à la borne *e* en deux parties dont l'une parcourt l'enroulement inducteur *f* tandis que l'autre traverse la résistance *g* ; les deux portions du courant réunies passent par la deuxième partie *h* de l'inducteur pour se rendre à l'inverseur *b* et de là à l'induit *i* qu'il parcourt dans un sens ou dans l'autre.

Lorsque le balai *c* est sur le premier contact à gauche, la résistance *d* est insérée tout entière et l'intensité est faible. Si l'inverseur *b* est en dehors de sa position médiane, l'induit reçoit le courant et prend une faible vitesse.

Cette vitesse augmente, le moment de rotation restant le même, si le balai *c* se déplace

(1) Brevet anglais 8693, du 2 juillet 1886.

(2) Brevet allemand 61833, du 9 novembre 1890.

graduellement vers la droite en retirant peu à peu du circuit la résistance *d*. Le moteur peut faire environ 100 tours quand *d* est entièrement supprimée. Si l'on continue à faire avancer le balai *c* vers la droite, la partie de courant qui traverse *f* va en diminuant; l'excitation décroît, la vitesse augmente et le moment de rotation diminue.

Lorsque l'on a atteint le dernier plot, l'enroulement *f* est à peu près sans courant, la partie *h* seule est alimentée. Le moteur atteint alors sa plus grande vitesse (environ 400 tours) déterminée par l'intensité du courant et le moment résistant.

Ainsi, lorsque toute la résistance est dans le circuit, le moteur développe un moment de rotation considérable, mais il ne peut marcher qu'avec une très faible vitesse. Si la résistance *d* est en court-circuit, le moteur développe encore le même moment à la vitesse de 200 tours ou un moment plus grand à une vitesse moindre. Si toute la résistance *g* est aussi supprimée, il développe pour une vitesse double un moment moitié moindre.

Les plots des résistances *d* et *g* sont disposés à l'intérieur d'un cylindre divisé en deux, deux contacts placés vis-à-vis sur les moitiés supérieure et inférieure sont reliés ensemble, de telle sorte qu'il est indifférent de tourner dans un sens ou dans l'autre à partir de la position médiane qui correspond à la mise en circuit de toutes les résistances. L'inverseur *b* est accouplé mécaniquement avec le commutateur précédent de façon que les positions médianes se correspondent.

Si l'on part de cette position, un faible courant traverse l'inducteur quoique l'excitation soit assez forte ; l'induit est en cour-circuit. Si à ce moment le moteur est en mouvement, il s'établit dans l'induit un courant intense formant frein et ramenant rapidement le moteur à l'arrêt. Si pendant l'existence de ce courant, on veut tourner le commutateur et rompre le court-circuit, il se produit de fortes étincelles aux balais *b*.

Afin d'éviter cet inconvénient, un disjoncteur rompt le circuit si la manœuvre a lieu avant que la vitesse du moteur soit descendue au-dessous d'une valeur déterminée, pour laquelle il n'y a plus danger d'étincelles.

G.

Mise en marche de l'Union Elektrizitæts Gesellschaft pour moteurs d'induction. *Elektrotechnische Rundschau*, t. XIX, p. 261, 15 septembre 1902.

Le dispositif de l'Union Elektrizitäts Gesellschaft permet de réaliser une économie importante dans l'établissement du rhéostat de démarrage d'un moteur d'induction. Chaque partie du rhéostat après avoir servi pour une des phases du rotor, est encore utilisée pour former

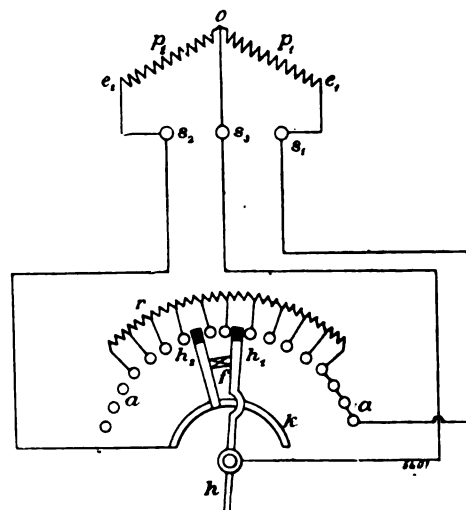


Fig. 1.

seule ou ajoutée à d'autres la résistance d'une autre phase.

La figure 1 représente le cas d'un moteur à enroulement du rotor diphasé et fermé sur lui-même. p_1 et p_2 sont les deux phases, dont les extrémités sont connectées aux bagues S_1 et S_2 ; le point nul *o* du système est relié à la bague S_3. Les plots, entre lesquels sont les différentes parties de la résistance de mise en marche, sont disposés sur un cercle dont le centre relié à la bague S_1 est centre de rotation d'un levier *h* en forme de fourche ; les deux bras h_1 et h_2 de celle-ci sont reliés par une pièce isolante *f*, tous deux frottent sur les plots, en outre h_2 glisse sur une pièce de contact *k* reliée à la bague S_2 ; la bague S_3 est reliée au dernier plot du rhéostat. La largeur de chacun des deux bras est plus grande que la distance de deux plots, et la distance des bras de contact est plus grande que le diamètre des plots.

Dans la position de départ, les deux contacts h_1 et h_2 sont sur des plots neutres et les circuits

des deux phases p_1 et p_2 sont ouverts. La figure montre l'utilisation des différentes parties du rhéostat lorsqu'on déplace les contacts pour la mise en marche. Pour que les deux phases soient également chargées, on choisit la graduation de la résistance de telle sorte que chaque partie soit égale à la somme des suivantes. G.

TRACTION

Système Constantinescu pour l'utilisation de l'énergie résultant de la descente des voitures sur voies ferrées en pente. *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale*, t. CII, p. 792-795, 30 juin 1902.

L'objet de ce système [1] est de faire remonter le véhicule *uniquement* avec l'énergie recueillie à la descente; il diffère donc de celui des systèmes ordinaires de récupération utilisé jusqu'ici sur les lignes à traction électrique et particulièrement à traction par accumulateurs. Pour le réaliser l'inventeur, emploie, pendant la descente, une surcharge d'eau dont il se débarrasse une fois arrivé au bas de la pente, tout comme on le fait dans les funiculaires à contrepoids d'eau; l'énergie produite par suite de la descente du véhicule et de sa surcharge est ou bien emmagasinée dans le véhicule même, soit au moyen d'air comprimé, soit au moyen d'accumulateurs électriques, ou bien transmise immédiatement à un véhicule montant à l'aide de l'électricité.

Le calcul de la surcharge à placer sur le véhicule pendant sa descente est facile à réaliser. On a en effet la relation

$$\mathrm{P}d = \frac{1}{k}\,\mathrm{P}m\,\frac{i+a}{i-a}$$

où P_d est le poids du véhicule descendant, P_m celui du véhicule montant, k le rendement global des machines génératrices et réceptrices et de l'accumulateur d'énergie, i la pente en millièmes, a le coefficient de résistance au roulement (comprenant les pertes par frottement du véhicule et la résistance de l'air) additionné d'un terme qui tient compte de l'inertie du véhicule pendant les démarrages.

L'emmagasinement de l'énergie au moyen de l'air comprimé, bien que réalisable, présente des difficultés à cause du volume considérale qu'il faut donner aux réservoirs d'eau et à ceux d'air comprimé [1]; l'emmagasinement au moyen d'accumulateurs électriques semble encore moins pratique. Mais l'utilisation immédiate sur une voiture montante de l'énergie produite par la descente d'une autre voiture paraît pouvoir donner de bons résultats.

Dans ce dernier cas, chaque voiture serait munie de dynamos en dérivation calée sur les essieux et fonctionnant comme génératrices ou comme réceptrices suivant que la voiture descend ou monte; un conducteur aérien établi le long de la voie, d'une part, et les rails, d'autre part, relieraient les dynamos des deux voitures.

Voici, par exemple, à quels chiffres l'on arrive en supposant une ligne de 10 km de longueur, présentant, comme précédemment, une pente moyenne de 133 p. 1 000. Les voitures, capables de contenir trente personnes, pèseraient 5 tonnes, y compris les dynamos, et la surcharge d'eau, suffisante pour assurer le service, serait de 10 tonnes environ. Les dynamos auraient, chacune, une puissance de 35 chevaux, avec laquelle on pourrait effectuer le démarrage et la mise en vitesse, à 14 km à l'heure, sur une longueur de 100 m. Les voitures, ne devant maintenant porter qu'une surcharge de 10 m³ d'eau,

[1] Le mémoire descriptif de ce système, présenté au Comité des Arts mécaniques de la Société d'encouragement, a été l'objet d'un rapport de M. Rateau; c'est de ce rapport que sont extraits les renseignements ci-dessus.

[1] M. Constantinescu prend comme exemple une ligne de 4 km de longueur ayant 13,3 p. 100 de pente, sur laquelle il veut faire courir à une vitesse de 14 km : h., un véhicule à deux essieux moteurs capable de transporter 30 voyageurs.

Voici à quelles dimensions il arrive alors : Le véhicule aurait un poids mort total de 10 tonnes, y compris le poids des moteurs et des réservoirs à air comprimé. Le poids d'eau nécessaire, avec un léger supplément pour parer aux nécessités de l'exploitation atteindrait 22 tonnes. Le réservoir d'air comprimé, fonctionnant à la pression de 30 atmosphères, se composerait de 20 tubes de 40 cm de diamètre et 293 cm de longueur, ayant une paroi en tube d'acier de 4 mm d'épaisseur. Le poids total de ces réservoirs atteindrait 2 650 kg.

Pour pouvoir loger sur la voiture (8 m de long et 3 m de large) les réservoirs à eau de 22 m³ et les réservoirs à air comprimé de 7,38 m³ de capacité utile, l'inventeur est obligé de placer les caisses à eau au-dessus des essieux entre les compartiments à voyageurs et les réservoirs à air au-dessous et aux deux extrémités du châssis.

deviennent pratiques; ce volume, en effet, est analogue à celui qui existe dans différents funiculaires notamment dans celui, bien connu, de Territet-Glion.

La voiture montante et la voiture descendante se trouveraient être ainsi reliées électriquement, comme les wagons montant et descendant d'un funiculaire le sont par un câble, avec cet avantage que, la liaison n'étant plus rigide, les déplacements des deux voitures auraient une certaine indépendance. Toutefois, pour assurer une indépendance à peu près complète d'un véhicule par rapport à l'autre, et aussi pour permettre des variations de pente, M. Constantinescu place une batterie d'accumulateurs en dérivation sur la ligne. De cette manière, lorsque la voiture descendante débite trop de courant, c'est l'accumulateur qui absorbe l'excès d'énergie; et, au contraire, quand elle n'en donne pas assez à la voiture montante, l'appoint d'énergie est fourni par l'accumulateur. Celui-ci jouerait donc le rôle de volant; il serait, de plus, assez largement calculé pour permettre, le cas échéant, après une avarie par exemple de remonter d'un bout à l'autre de la ligne une voiture sans le secours du véhicule descendant. La batterie pourrait être chargée par un petit moteur auxiliaire à poste fixe ou, mieux encore, c'est le procédé préféré à l'auteur, par les voitures automobiles elles-mêmes, au moyen de quelques voyages effectués à vide, c'est-à-dire sans voyageur.

Les dynamos étant excitées en dérivation, le mécanicien aurait toute facilité en manœuvrant le rhéostat de champ, de faire varier l'intensité et l'induction pour approprier le voltage des machines à celui de la batterie d'accumulateurs, suivant qu'elle se charge ou se décharge.

Pour illustrer sa démonstration, M. Constantinescu compare une ligne à forte pente existante, telle que celle d'Utliberg, près de Zurich, utilisant les locomotives à vapeur, à une ligne qui serait établie suivant sa méthode.

A Utliberg, la ligne actuelle a 10 km de longueur et une pente moyenne de 43,5 p. 1 000; la locomotive remorque deux voitures à voyageurs. Les frais d'installations se sont élevés à 1 628 246 fr, et la dépense de charbon, à 15 fr la tonne, doit atteindre environ 16 000 fr par an pour huit voyages complets par jour. Avec le système à trôlet et récupération par la surcharge d'eau, la longueur de la ligne aurait pu être réduite à 6 km en augmentant la pente. La dépense, d'après le devis de M. Constantinescu (devis nécessairement approximatif), aurait été alors réduite à environ 1 100 000 fr. L'économie d'installation se serait donc élevée à 33 p. 100; quant à la dépense de charbon, elle serait complètement évitée.

DIVERS

Sur la production des sons au moyen des décharges dans les tubes à gaz raréfié et dans les flammes, par **A. Righi**. *Il Nuovo Cimento*, t. IV, p. 37, juillet 1902.

La disposition adoptée par l'auteur se rapproche de celle employée par Duddell pour l'expérience de l'arc chantant; mais le phénomène acoustique en est différent. Un tube à gaz raréfié est inséré dans le circuit d'une batterie de 400 éléments avec une forte résistance constituée par des tubes remplis d'une solution de sulfate de cuivre. En dérivation sur le tube à gaz est un circuit contenant un condensateur et un téléphone. Les électrodes du tube sont cylindriques, 5 cm de longueur, 6 mm de diamètre, avec extrémités arrondies. Quand on ferme le circuit des accumulateurs, on entend un son dont la hauteur croît avec le nombre d'éléments employés et en sens inverse de la résistance, de la capacité, de la distance des électrodes et de la pression du gaz.

Le nombre des vibrations par seconde du son obtenu est de beaucoup inférieur à celui des oscillations électriques du circuit dérivé, par suite il ne peut avoir la même origine que dans l'arc de Duddell. Il ne s'agit pas d'un courant alternatif, mais d'une succession de décharges. La période du son est égale à l'intervalle qui sépare deux décharges.

Le phénomène peut être observé en remplaçant le tube à gaz raréfié par une flamme de Bunsen rendue conductrice à l'aide du chlorure de sodium.

Dans ces expériences, la self-induction du circuit dérivé était assez petite et la période d'oscillation électrique beaucoup plus petite que celle du son obtenu. L'auteur a examiné aussi ce qui se produit, lorsque la période d'oscillation électrique du circuit dérivé devient égale à l'intervalle de temps qui sépare deux décharges, ou même lui est supérieure. Dans

ces dernières expériences, faites avec la flamme, le téléphone était supprimé : le condensateur, constitué par deux lames métalliques superposées, séparées par une feuille de papier, rend un son très net.

Pour accroître la période d'oscillation électrique, Righi augmente la self-induction du circuit dérivé en insérant des bobines de galvanomètre à long fil. Le phénomène se rapproche alors de celui de Duddell sans devenir identique ; le son est dû aux variations de potentiel produites par les oscillations électriques et à la même période. Ce cas ainsi que le précédent constituent des cas extrêmes.

L'auteur a examiné également les cas intermédiaires en faisant varier la self-induction du circuit. Le nombre des vibrations du son dépend aussi bien du coefficient de self-induction du circuit dérivé que de la f. é. m. et de la résistance du circuit principal. Mais cette dépendance semble complexe ; ainsi en faisant varier la résistance ou la self-induction d'une manière continue, on observe que le son éprouve de brusques variations de hauteur au lieu d'une variation continue ; en d'autres termes, certains sons sont possibles et non ceux de hauteur intermédiaire.

G. G.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET TECHNIQUES

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du mercredi 5 novembre 1902.

Au début de la séance, le président, M. Harlé, informe la Société que, sur l'invitation du Comité d'organisation du Congrès de la Houille blanche, il s'est rendu à ce Congrès, ainsi d'ailleurs que plusieurs autres membres du bureau ; il remercie vivement les organisateurs et particulièrement le sympathique président du Congrès, M. Pinat.

La parole est ensuite donnée à M. Janet, pour l'exposé d'une

Application de la méthode de la boucle à la recherche des défauts sur les réseaux triphasés, par Iliovici.

Le conférencier rappelle que cette méthode, théoriquement parfaite pour la détermination exacte des défauts des canalisations, présente en pratique des difficultés lorsqu'on l'applique à des réseaux de conducteurs de très forte section, les résistances aux contacts des fils de connexions nécessaires à l'application de la méthode étant alors de l'ordre des résistances ohmiques des conducteurs eux-mêmes et pouvant donc introduire des erreurs graves dans la détermination. Il indique ensuite comment M. Iliovici a pu se mettre à l'abri de ces erreurs dans l'application de cette méthode sur une ligne triphasée de très faible résistance.

Des mesures préliminaires d'isolement ayant montré que les résistances d'isolement des conducteurs I et III (fig. 1 et 2) étaient supérieures

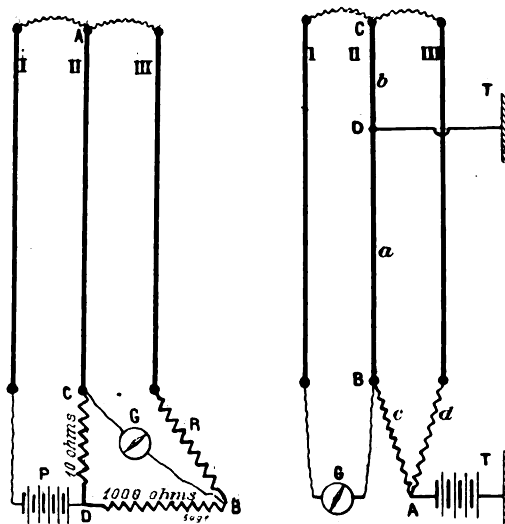


Fig. 1 et 2.

à 1 mégohm, tandis que la résistance d'isolement du conducteur II n'était que de 30 ohms environ, il s'agissait de déterminer exactement l'emplacement du défaut sur ce conducteur.

La première mesure effectuée, dont on aurait pu d'ailleurs se dispenser, fut celle de la résistance ohmique du conducteur défectueux. Pour cela, les trois conducteurs de la ligne furent

reliés ensemble à une station de couplage; puis au moyen de résistances, d'une batterie d'accumulateurs et d'un galvanomètre Deprez-d'Arsonval, disposés à la station d'essais, on constitua un pont de Wheatstone ABCD (fig. 1). Les résistances fixes des branches DC et DB étant respectivement de 10 et de 10 000 ohms (et non 1 000 comme le dessinateur l'a indiqué sur la figure), on trouva, en modifiant la résistance réglable R de la branche AB, de manière à amener l'équilibre du pont, que la résistance de la portion AC du conducteur était de 1,05 ohm. On remarquera que la résistance de la connexion en A se trouvait être éliminée de la mesure, que les résistances des connexions en B et D étaient en série avec la résistance fixe de 10 000 ohms et pouvaient, par conséquent, être négligées; seule la résistance au contact de la jonction du conducteur II et de la résistance fixe de 10 ohms pouvait donc introduire une erreur; mais comme cette jonction était faite dans la station d'essais, il était possible de l'effectuer avec des soins suffisants pour qu'on fût certain de pouvoir la négliger.

Pour la détermination de la position du défaut d'isolement, représenté sur la figure 2 par une dérivation à la terre T, les connexions étaient établies comme l'indique cette figure. La résistance fixe c était de 10 000 ohms, et la résistance variable d était de 1 600 ohms environ lorsque le pont était en équilibre; vis-à-vis de ces résistances, les résistances des contacts, si mauvais que ceux-ci pussent être, étaient négligeables. Des valeurs trouvées pour d, on conclut que le rapport des résistances a et $a + b$ était compris entre 0,382 et 0,389; on prit la moyenne arithmétique 0,385 et l'on en déduisit que le défaut devait se trouver entre deux boîtes de coupure, espacées de 150 m, dont nous désignerons les numéros d'ordre par n et $n + 1$, et beaucoup plus près de la boîte $n + 1$ que de la précédente. Le conducteur ayant été coupé à ces boîtes, on reconnut que le défaut n'était pas dans le tronçon ainsi isolé, mais dans le tronçon compris entre la $n + 1^e$ et la $n + 2^e$ boîte. L'application de la méthode de la boucle à ce dernier tronçon indiqua que le défaut devait être à 1,50 m de la boîte $n + 1$, et c'est en effet en ce point qu'il fut trouvé,

Ce résultat montre quelle précision on peut atteindre avec la méthode de la boucle quand on parvient à éliminer les causes d'erreurs résultant de la résistance des contacts.

Nouveau procédé de réglage simultané de tous les moteurs actionnant les alternateurs en parallèle est le titre de la communication de **M. de Marchena**. En réalité, l'auteur s'est surtout attaché à l'étude mathématique des oscillations des régulateurs des moteurs commandant les alternateurs. A son avis ce sont ces oscillations qui constituent la principale cause des difficultés que l'on rencontre parfois dans le fonctionnement en parallèle des alternateurs; les irrégularités par tour du moteur ne lui semblent pas avoir autant d'importance, leur fréquence étant généralement assez différente de celle des courants alimentant le réseau pour qu'il n'y ait pas à craindre de résonance électromécanique. Aussi en fait-il une étude complète, en considérant successivement : les oscillations propres du régulateur seul, les oscillations du système régulateur-machine, enfin celles du système régulateur-machine-alternateur.

N'ayant pu suivre l'orateur dans les considérations mathématiques qu'il expose, nous renvoyons nos lecteurs au mémoire qui sera publié dans le *Bulletin de la Société des Électriciens* et nous n'indiquerons que la conclusion : il convient que le régulateur ne puisse être influencé par les petites et fréquentes variations de vitesse de la machine qu'il est chargé de régler, mais par contre qu'il soit immédiatement sensible aux variations de vitesses résultant des variations de la charge.

M. de Marchena rappelle alors comment M. Emmett a pu réaliser cette double condition, en munissant le régulateur d'un amortisseur à huile de construction spéciale [1]; puis il indique le dispositif qu'il a lui-même imaginé.

Dans ce dispositif, le régulateur, au lieu d'être commandé directement par le moteur qu'il s'agit de régler, est mis en mouvement par une poulie actionnée par un petit moteur d'induction branché sur le réseau qu'alimentent les alternateurs couplés en parallèle. De plus, sur l'arbre du régulateur se trouve, montée folle, une poulie mise en mouvement par la machine motrice et dont la vitesse angulaire est de 2 à 3 p. 100 inférieure à celle de la poulie commandée par le moteur d'induction.

[1] Voir *Écl. Élect.*, t. XXX, p. 298, 22 février 1902.

Les deux poulies, placées l'une à côté de l'autre, sont respectivement munies d'une roue dentée et d'un cliquet, disposés de telle sorte que la seconde poulie puisse entraîner la première quand la vitesse de celle-ci vient à s'abaisser au-dessous de la vitesse de celle-là.

Quant au fonctionnement de ce régulateur, sur lequel, pressé par l'heure, M. de Marchena a glissé trop rapidement, voici comment on peut le concevoir :

Dans les conditions normales de marche, le régulateur se trouve indépendant de la machine motrice ou plus exactement ne dépend de la marche de cette machine qu'autant qu'elle influe elle-même sur le réseau qu'elle alimente partiellement; il ne sera donc pas influencé par une légère variation de la vitesse de cette machine. Mais si une augmentation de charge vient à se produire sur le réseau, la vitesse du moteur d'induction diminue et le régulateur entre en jeu pour augmenter l'admission dans la machine motrice; une diminution de la charge du réseau produit d'ailleurs l'effet inverse. D'autre part si, par suite d'une mauvaise répartition des charges sur les alternateurs couplés en parallèle, la machine qui nous occupe vient à prendre une charge trop faible, la vitesse de cette machine augmentera et bientôt la poulie folle du régulateur actionnée par cette machine prendra une vitesse égale à celle de la poulie commandée par le moteur d'induction; à partir de cet instant, les deux poulies étant rendues solidaires par la roue à rochets et le cliquet, le régulateur se trouvera commandé directement par la machine et il en règlera l'allure.

Ajoutons qu'un essai de ce système de régulation, fait à l'usine génératrice hydraulique du réseau des tramways de Nice, a donné d'excellents résultats. M. de Marchena se propose de l'appliquer au cas de la marche en parallèle de cette usine avec une seconde usine génératrice hydraulique de construction récente, située à une assez grande distance; le dispositif est installé, mais au moment de la communication l'essai n'avait pas encore été effectué.

La dernière communication sur les ***Mesures magnétiques industrielles***, par **H. Armagnat**, constitue une sorte d'introduction à plusieurs autres communications provoquées par la 6e commission de la Société et qui seront faites à des séances prochaines. Le conférencier y insiste sur les difficultés que présentent les mesures magnétiques et décrit ensuite, en s'aidant de nombreuses projections, les divers appareils construits en vue de ces mesures.

Nous ne nous attarderons pas à donner une analyse étendue de cette communication : la plupart des instruments décrits sont déjà connus de nos lecteurs par les articles que M. Armagnat a publiés dans ce journal et quant aux considérations encore inédites qui, dans la communication, précédaient ces descriptions, M. Armagnat trouvera sans doute l'occasion de les développer ici dans de prochains articles beaucoup mieux que nous ne pourrions le faire. Bornons-nous donc à en indiquer les points essentiels.

Tout d'abord, M. Armagnat insiste sur les caractères qui différencient les mesures magnétiques des mesures électriques et les rendent d'une réalisation plus difficile. Ces caractères sont : 1° la dépendance de l'état magnétique actuel d'une substance avec ses états magnétiques antérieurs, en d'autres termes l'influence de l' « histoire magnétique » d'une substance sur les valeurs de ses propriétés actuelles ; 2° la nécessité de considérer simultanément au moins deux grandeurs magnétiques, par exemple l'induction $\mathcal{B}$ et le champ magnétique $\mathcal{H}$, qui ne sont liées que par une relation empirique ; 3° l'absence de corps imperméables au flux magnétique et pouvant jouer dans les mesures magnétiques le rôle important dévolu aux isolants dans les mesures électriques.

L'auteur rappelle ensuite les définitions des principales grandeurs magnétiques.

Puis il fait ressortir combien il est difficile, par suite de l'influence des états magnétiques antérieurs de préciser les valeurs des grandeurs qu'il convient d'adopter dans les essais comparatifs des qualités magnétiques des fers. Prenant comme exemple la détermination expérimentale de la relation entre $\mathcal{B}$ et $\mathcal{H}$, il fait remarquer qu'en raison de la forme des cycles d'aimantation, on a pour une même valeur d'une de ces quantités deux valeurs de l'autre. Pour lever l'indétermination résultant de ce fait, il faut donc une convention. Celle que l'on doit adopter est la suivante : Faire varier le champ magnétique entre deux valeurs $+\mathcal{H}_1$ et $-\mathcal{H}_1$ et après avoir fait accomplir à l'aimantation

plusieurs cycles complets, mesurer les inductions $+\mathcal{B}_1$ et $-\mathcal{B}_1$ correspondant à $+\mathcal{H}_1$ et $-\mathcal{H}_1$; répéter les mêmes opérations et mesurer $+\mathcal{B}_2$ et $-\mathcal{B}_2$ pour un autre cycle entre $+\mathcal{H}_2$ et $-\mathcal{H}_2$, etc. ; enfin prendre pour courbe représentative de $\mathcal{B}$ en fonction de $\mathcal{H}$, la courbe lieu des points d'ordonnées $\mathcal{B}_1$, $\mathcal{B}_2$, ... et d'abscisses $\mathcal{H}_1$, $\mathcal{H}_2$, ..., c'est-à-dire la courbe passant par les sommets des cycles fermés.

M. Armagnat parle ensuite de l'hystérésis et discute la formule de Steinmetz.

Revenant à la détermination de $\mathcal{B}$ et de $\mathcal{H}$, il rappelle que la relation entre le nombre des ampèretours magnétisants NI et l'induction $\mathcal{B}$ de l'échantillon est

$$4\pi NI = \mathcal{B}s\left(\frac{l}{\mu s} + \frac{l'}{\mu' s'} + \frac{l''}{\mu'' s''} + \dots\right)$$

d'où l'on déduit pour la valeur du champ magnétique $\mathcal{H}$ produisant l'induction $\mathcal{B}$ dans l'échantillon

$$\mathcal{H} = \frac{4\pi NI}{l} - \frac{\mathcal{B}s}{l}\left(\frac{l'}{\mu' s'} + \frac{l''}{\mu'' s''} + \dots\right).$$

l et s étant la longueur et la section de l'échantillon, l', s', μ',... les longueurs, sections et perméabilités des autres parties du circuit magnétique. Le terme entre parenthèses, que l'on peut appeler terme de correction de $\mathcal{H}$, contient des quantités qu'il est difficile de connaître exactement. En particulier, les joints entre les diverses pièces magnétiques du circuit peuvent donner lieu à une erreur considérable ; en effet, un joint de 0,01 mm de largeur équivaut, dans une expérience où la perméabilité du fer atteint 3 000, à une longueur de fer de 3 cm.

Mais ces difficultés expérimentales ne sont pas les seules causes d'erreurs dans des essais comparatifs de plusieurs échantillons ; la manière de conduire les mesures peut en introduire d'autres. Il résulte, en effet, de la forme de la courbe représentant $\mathcal{B}$ en fonction de $\mathcal{H}$, que pour les faibles inductions une erreur sur $\mathcal{H}$ conduit à une erreur 10 à 20 fois plus grande sur $\mathcal{B}$, et que pour les fortes inductions une erreur de mesure sur $\mathcal{B}$ donne lieu à une erreur beaucoup plus considérable sur $\mathcal{H}$. Aussi M. Armagnat propose-t-il, comme il l'écrivait dans un rapport récemment publié ici (1), de *fixer* la valeur de $\mathcal{B}$ et de *chercher* $\mathcal{H}$ dans le premier cas, et, au contraire, de *mesurer* la valeur $\mathcal{B}$ correspondant à un champ *constant* $\mathcal{H}$ dans le second cas.

Une autre cause d'erreurs dans les essais comparatifs est l'influence considérable qu'exerce le travail mécanique du fer sur ses propriétés magnétiques. Il est par conséquent de toute importance que le travail nécessaire pour amener les échantillons sous la forme convenable pour les mesures soit aussi réduit que possible. On a, il est vrai, la ressource de recuire l'échantillon après le travail, mais cette opération peut donner à la substance des qualités magnétiques qu'elle ne possédait pas primitivement et, par suite, différentes de celles qui seront utilisées lorsque la substance est employée sans être travaillée ni recuite. D'ailleurs, même dans le cas des tôles, que l'on emploie industriellement après recuit, on ne peut espérer que les propriétés observées sur un échantillon recuit seront bien celles de l'ensemble, car il a été constaté que le recuit amène le fer dans un état moléculaire instable qui se modifie plus ou moins rapidement.

Après ces considérations générales, M. Armagnat fait une étude critique des méthodes et appareils divers employés pour la mesure des grandeurs magnétiques (1). Il signale pour mémoire la méthode du magnétomètre, qui ne convient pas pour des essais industriels. Il décrit ensuite les appareils d'Hopkinson, d'Ewing et de Drysdale utilisant la méthode balistique ; l'appareil de comparaison d'Ewing ; le perméamètre Carpentier ; la balance d'Ewing utilisant la méthode de la force portante ; la méthode de Du Bois ; l'appareil d'Ewing traçant directement les courbes de $\mathcal{B}$ en fonction de $\mathcal{H}$; l'appareil de Hartmann, celui de Siemens et Halske, celui de Baily, le dispositif imaginé par M. Picou pour éliminer l'influence perturbatrice des joints. Terminant par la mesure de l'hystérésis, il signale la méthode du wattmètre, celle de Searle, puis il rappelle l'hystérésimètre Ewing et l'hys-

(1) *Écl. Élect.*, t. XXXIII, p. 207, 8 novembre 1902.

(1) Pour ces méthodes et appareils, voir Armagnat. Instruments et méthodes de mesures industrielles, chap. VII. Voir aussi *L'Éclairage Électrique*, t. III, p. 427 ; t. V, p. 175 ; t. VII, p. 69 et 324 ; t. IX, p. 363 ; t. XII, p. 62 ; t. XIV, p. 430 ; t. XVII, p. 37, 360 et 497 ; t. XVIII, p. 227 ; t. XXI, p. 270 ; t. XXIII, p. 253 ; t. XXIV p. 330 ; t. XXV, p. 49 ; t. XXVI, p. 194 ; t. XXXI, p. 112, 266 et IV ; t. XXXII, p. 54, 114 et CLXXII.

térésimètre Blondel et explique la discordance des résultats (25 p. 100) que donnent ces deux instruments appliqués à un même échantillon de fer en faisant observer que le premier mesure l'hystérésis alternative, tandis que le second mesure l'hystérésis tournante. J. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 27 octobre 1902 (¹).

Sur la vitesse de propagation des rayons X, par **R. Blondlot**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 666-671.

Le dispositif employé par l'auteur lui a permis de constater que *cette vitesse de propagation est du même ordre de grandeur que celle des ondes électromagnétiques.*

Ce dispositif consiste en un excitateur hertzien et un tube générateur de rayons X disposés en dérivation sur le circuit secondaire d'une bobine de Ruhmkorff, et en un résonateur hertzien placé immédiatement au-dessous de l'excitateur et dont la coupure reçoit les rayons X; la position des appareils est représentée par le schéma 1 :

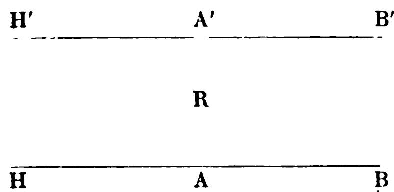


Fig. 1.

en B, B' sont les pôles de la bobine, en A, A' ceux de l'excitateur; en H, H' ceux du tube focus. Le résonateur R, constitué par un fil replié en triangle, a un de ses côtés disposé parallèlement à A, A' et son sommet opposé, où se trouve la coupure que nous désignerons par C, tourné vers le tube focus. Cette coupure est protégée contre toute autre radiation par des écrans en papier noirci et par une lame d'aluminium. L'oscillateur est formé de deux cylindres de laiton assujettis horizontalement dans la paroi d'un flacon contenant de l'huile de vaseline.

En réglant convenablement la distance explosive de l'excitateur dans l'huile, on parvient à faire fonctionner simultanément le tube focus et l'excitateur. Voici alors ce qui se passe : à chaque courant de rupture de la bobine d'induction, la différence de potentiel entre H et H' atteint une valeur suffisante pour que le tube fonctionne; puis, cette différence de potentiel continuant à croître, l'étincelle éclate à l'excitateur : le tube, privé subitement d'alimentation, s'éteint, tandis que la décharge oscillatoire de l'excitateur se poursuit et s'achève, les différences de potentiel entre A et A' variant suivant une sinusoïde rapidement amortie.

Une fois l'appareil réglé, le potentiel nécessaire pour faire fonctionner le tube n'est inférieur que de peu au potentiel explosif de l'excitateur : il suffit, en effet, de diminuer très peu la distance explosive de celui-ci pour que la décharge ne traverse plus le tube, mais passe entièrement par l'excitateur. Cette particularité a ici une importance capitale : il en résulte que le tube s'éteint dès que le potentiel a diminué un peu au début de la décharge oscillante, et, par suite, au bout d'un temps inférieur au quart de la période de l'excitateur. La longueur d'onde de l'excitateur ayant été trouvée égale à 1,14 m, sa période est $\frac{114}{3 \times 10^{10}}$ sec., et par conséquent, le temps que dure l'émission des rayons X après le début de la décharge oscillatoire est de beaucoup inférieur à $\frac{114}{3 \times 10^{10} \times 4}$ sec.

Suivons les variations de la valeur de la force électrique produite à la coupure du résonateur par la décharge de l'excitateur. Cette force électrique est nulle tant que toute la décharge passe par le tube focus; elle n'atteint une valeur notable qu'à une époque où l'excitateur est déjà en partie déchargé, et le maximum de cette force électrique n'a lieu que lorsque l'excitateur s'est rechargé en sens contraire, c'est-à-dire au bout d'une demi-période. Il suit de là que, quand le résonateur commence à osciller, les rayons X sont déjà éteints : par conséquent, il ne peut y avoir d'action du tube sur l'étincelle secondaire (¹). C'est ce que l'expérience vérifie, car si l'on interpose une lame de plomb entre le tube et la coupure, de manière à intercepter les rayons X, l'étincelle ne change pas d'aspect.

(¹) Outre les communications analysées ici, signalons une note de M. Coblyn sur *la vision à distance par l'électricité* qui sera l'objet d'un article que l'auteur réserve aux lecteurs de ce journal.

(¹) Voir, sur cette action, R. Blondlot, *Comptes rendus*, t. CXXXIV, 1902, p. 1559; *Écl. Élect.*, t. XXXII, p. 107, 19 juillet 1902.

Laissant le tube focus à la même place, remplaçons les fils courts AH, A′ H′ par des fils de 25 cm, repliés sans coudes brusques; cet allongement des fils, en retardant l'extinction des rayons X du temps que les ondes hertziennes emploient pour parcourir (25 — 11) cm = 14 cm, va avoir pour effet de retarder d'autant la disparition des rayons X à la coupure et de laisser ainsi à ces rayons le temps d'agir sur l'étincelle : c'est en effet ce que l'on constate, car l'interposition d'une lame en plomb rend l'étincelle manifestement moins éclatante. Cette action des rayons X augmente si l'on augmente la longueur des fils de transmission AH et A′ H′ : pour des longueurs de 33 cm, de 80 cm, de 130 cm, elle est de plus en plus marquée.

Ces expériences montrent que, dans l'appareil employé, les rayons X s'éteignent dès que la décharge électrique a cessé dans le tube. En effet, dans l'expérience avec les fils très courts (11 cm), on n'a constaté aucune action, tandis qu'il a suffi de les allonger de 14 cm pour obtenir une action visible; si, par conséquent, il existe une prolongation de l'émission des rayons X, ou encore une prolongation de leur action à la coupure après leur cessation, leur somme est très petite vis-à-vis de $\frac{14}{3 \times 10^{10}}$ sec (1).

Prenons des fils de transmission repliés, que nous laisserons d'une longueur invariable, 0,50 m par exemple, puis éloignons peu à peu le tube de la coupure; en vertu de cet éloignement, les rayons X éprouvent un retard égal au temps qu'ils mettent à franchir la distance du tube à la coupure; leur disparition à la coupure est retardée d'autant, et, si leur vitesse est comparable à celle des ondes hertziennes, l'effet de l'éloignement du tube va être analogue à celui d'un allongement des fils, c'est-à-dire une amelioration dans la coïncidence de l'époque où la force électrique existe à la coupure avec l'époque où les rayons X y sont présents, et, par suite, une augmentation de l'action de ces rayons sur l'étincelle. On est ainsi amené à cette prévision paradoxale : le tube devrait agir plus de loin que de près. A la grande surprise de l'auteur, cette expérience réussit complètement : l'éclat de l'étincelle augmente à mesure que l'on éloigne le tube; c'est un fait certain et constant. L'augmentation est bien due aux rayons X, car, si l'on place un petit disque de plomb contre la lame d'aluminium interposée entre la coupure et le tube l'effet disparaît : l'étincelle devient aussitôt plus faible et demeure invariable, quelle que soit la distance du tube. Ce fait surprenant est une première vérification de la supposition initiale : la vitesse de propagation des rayons X est comparable à celle des ondes hertziennes.

Prenons maintenant des fils de transmission d'une plus grande longueur, 80 cm par exemple Quand on éloignera le tube, il arrivera, pour une certaine distance, que les rayons X posséderont à la coupure leur pleine intensité pendant tout le temps que la force électrique à la coupure conserve une valeur notable, l'efficacité des rayons X sera alors aussi grande que le permet leur intensité.

Si l'on continue à éloigner le tube, on n'améliorera plus la coïncidence entre la présence des rayons X et celle de la force électrique à la coupure, et l'on perdra de plus en plus comme intensité des rayons X; par conséquent, leur action aura passé par un maximum. C'est ce que l'on constate effectivement : l'étincelle passe par un maximum lorsque le tube est à environ 53 cm de la coupure. Ce maximum est bien dû aux rayons X, car il disparaît par l'interposition d'un petit disque de plomb.

« Ainsi, conclut M. Blondlot, la supposition que la vitesse des rayons X et celle des ondes hertziennes seraient de même ordre de grandeur nous a conduits à prévoir l'existence d'un maximum; cette prévision s'est trouvée vérifiée par l'expérience. Comme d'ailleurs, il paraît impossible d'expliquer autrement ce phénomène paradoxal, on est amené à conclure que *la vitesse de propagation des rayons X est bien de même ordre de grandeur que celle des ondes hertziennes*. Je me propose d'expliquer inces-

(1) M. Colardeau avait déjà trouvé que la durée d'émission des rayons X est inférieure à $\frac{1}{50\,000}$ de seconde, « et bien moindre que ne le feraient croire les expériences réalisées de prime abord ». (*Bulletin de la Société française de Physique*, 1901 ; 2e fascicule, p. 117.) Un échange de vues sur ce sujet a eu lieu entre M. Brunhes et Colardeau, à la séance de la Société de Physique du 15 mars 1901 : le désaccord entre les résultats obtenus par ces deux physiciens tient à ce que les conditions de leurs expériences ne sont pas les mêmes. Celles de M. Blondlot se rapprochent de celles de M. Colardeau.

samment comment l'étude de ce maximum m'a fourni le moyen de déterminer le rapport des deux vitesses.

Précautions à prendre pour l'emploi des fils de cocon comme fils de torsion, par **V. Crémieu**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 682-686.

Le fil tiré du cocon se compose de deux filaments à section sensiblement rectangulaire, que le ver étire et accole l'un à l'autre au moment où il les utilise. En même temps que le ver fabrique ce fil double, son corps produit des mouvements assez rapides de va-et-vient, de façon à former le feutrage très enchevêtré qui constitue les parois du cocon. Il en résulte que les deux brins qui composent chaque fil sont, au moment où ils se collent l'un à l'autre, dans un état de tension inégal. Chacun est dans un état comparable à celui d'un fil métallique recuit qu'on aurait d'abord enroulé en boudin, puis partiellement redressé.

Les propriétés du fil de cocon dérivent de ce qu'il est formé de deux filaments de ce genre, collés l'un à l'autre sans qu'il y ait coïncidence entre leurs sinuosités respectives. D'ailleurs, la substance qui compose chaque filament se comporte comme un corps visqueux, incomplètement solidifié, dénué de toute élasticité proprement dite et très hygroscopique. Suivant les variétés de ver (et elles sont très nombreuses) la section de chaque filament peut varier du rectangle aplati au carré. Les dimensions du filament sont de l'ordre du 1/100 de millimètre.

Ces particularités permettent de comprendre la façon dont le fil de cocon réagit contre la torsion et la traction [1], et font prévoir qu'il convient de prendre beaucoup de précautions dans l'emploi des fils de cocon, ainsi que pour la mesure de ce qui paraît être, au premier abord, les coefficients d'élasticité de la soie.

[1] M. Crémieu décrit comme il suit les résultats de ses mesures :

« 1° *Filament simple.* — On peut, par un tour de main assez facile à saisir, mais impossible à décrire, dédoubler les fils de cocon. On observe sur le filament simple les propriétés suivantes :

» Sa force portante maxima est d'environ 4 gr.

» Le filament conserve les sinuosités ou plutôt les inégalités dues à son origine; sous l'action de faibles poids, il subit d'abord un allongement de *redressement* qui peut atteindre $\frac{1}{50}$ de sa longueur et devient complet pour des poids de 1 gr à 1,5 gr.

» Sous l'action de poids supérieurs, le filament subit un véritable allongement élastique, mais avec toutes les particularités provenant de sa viscosité et de son hygroscopicité.

» On peut remédier à ces inconvénients en laissant le fil pendant 1 ou 2 jours sous traction de quelques grammes; on l'humecte alors avec un peu d'eau distillée sur du coton; puis on le repasse en le faisant glisser sur un morceau de fil de laiton poli et chauffé à 100°-120°. Enfin on le passe sur un morceau de coton imbibé de vernis gomme laque. On diminue ainsi la viscosité et l'hygroscopicité du fil.

» Mais avant comme après ce traitement, le filament simple ne possède aucune élasticité de torsion. Un système qui lui est suspendu reste en équilibre *visqueux* dans un angle de près de 30°. Il semble que cette région d'indifférence diminue quand les poids attachés augmentent.

» *Fil naturel double.* — Le fil double du cocon peut supporter 8 gr et même 10 gr pour certaines variétés de ver à soie.

» Ce fil présente à la traction les mêmes particularités que le fil simple. Il prend deux sortes d'allongements, l'un de redressement, l'autre à allure élastique, beaucoup plus faible que le premier. Des allongements brusques décollent partiellement les filaments, et l'allongement de redressement devient ainsi plus fort.

» Au point de vue de la torsion, les propriétés sont ici plus compliquées. Tant que le poids supporté n'est pas suffisant pour redresser le fil, c'est-à-dire, tant que ce poids est inférieur à environ 2 gr, on constate les propriétés visqueuses de la soie, avec un équilibre indifférent dans un angle de 20° à 30°.

» Pour des poids supérieurs, le fil se comporte, non plus comme un unifilaire visqueux, mais comme un véritable bifilaire. Il peut alors offrir un couple de torsion assez élevé, du même ordre que celui d'un fil d'argent de même diamètre et de même longueur.

» Le calcul montre, en effet, qu'un bifilaire, dont chaque brin serait dépourvu d'élasticité de torsion propre, qui aurait 10 cm de longueur et $\frac{1}{50}$ de millimètre d'écartement entre ses deux brins (dimensions qui correspondent à celles du fil de cocon), offrirait, pour un poids de 8 gr et une torsion de 1 radian, un couple W égal à

$$W = 26 \times 10^{-4} \text{ erg.}$$

» Si, expérimentant avec ce fil considéré comme unifilaire, on calculait, à partir de cette valeur W supposée observée, le coefficient γ de Coulomb pour la soie, on trouverait

$$\gamma = 16 \times 10^{8}.$$

» Ce nombre, du même ordre que celui relatif à l'argent, serait beaucoup trop considérable pour la soie, et sa valeur varierait, du reste, avec les poids employés pour l'expérience.

» D'ailleurs, même lorsqu'il fonctionne comme bifilaire le fil de cocon ne donne pas de zéro bien net aux systèmes qu'il supporte; ceci est dû, probablement, aux variations que chaque torsion fait subir au collage des deux filaments.

Certaines espèces de vers à soie, élevées en Chine, donnent des cocons jumeaux dont le fil se compose de quatre filaments accolés; beaucoup de soies écrues du commerce proviennent de ces cocons, et les considérations qui précèdent s'appliquent avec encore plus de force aux fils que l'on tire souvent de ces soies écrues pour l'usage des laboratoires.

Variation de la résistance magnétique d'un barreau sous l'influence de la traction, par **Fraichet**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 685-686.

Prenons le barreau à éprouver comme noyau d'une bobine comprenant deux enroulements : 1° un circuit primaire relié aux bornes d'une pile; 2° un circuit secondaire relié aux bornes d'un galvanomètre. Toute modification du barreau soumis à la traction produit une variation du flux qui traverse le circuit secondaire et, par suite, une déviation du galvanomètre.

La déviation est discontinue. — Toutes les fibres du barreau ne sont pas identiques; elles se rompent donc successivement. Pendant la période élastique, le flux varie, d'une façon continue, jusqu'à la rupture de la première fibre; mais cette rupture produit une chute brusque du flux, et cette diminution instantanée est d'autant plus grande que le faisceau des fibres qui se sont rompues ensemble est plus important.

Le flux qui circulait par ces fibres est tombé brutalement, au moment de leur rupture; il remonte ensuite, de façon à prendre une valeur inférieure à sa valeur primitive et dépendant de la perméabilité du ciment qui est venu s'interposer dans la cassure.

On voit donc que chaque rupture de fibres produit une oscillation dans la variation du flux, et ce n'est que lorsque le faisceau fibreux a complètement cédé que cette variation redevient continue.

Le nombre et les amplitudes des oscillations sont d'autant plus grands que le métal est plus fibreux : un barreau d'acier dur trempé ne possède aucune fibre, par suite le flux qui le traverse varie, d'une façon continue, jusqu'à la rupture du barreau. Il en est de même pour un barreau d'une nuance quelconque qui a déjà subi une première traction au delà de sa limite élastique.

Détermination de la limite élastique. — Il y a lieu de considérer deux limites : 1° la limite élastique du ciment, qui correspond à la déviation maximum du galvanomètre; 2° la limite de résistance de la fibre la moins résistante, qui correspond à la première oscillation du galvanomètre.

Ces deux limites sont, en général, très rapprochées de la limite élastique apparente indiquée par le manomètre de la machine à traction; mais on a constaté, sur certains barreaux désorganisés par un chauffage à haute température, qu'il se produisait, parfois, quelques oscillations dès le commencement de la charge; de semblables barreaux n'ont donc pas, à proprement parler, de limite élastique. Il en est de même pour la plupart des barreaux en fer puddlé ordinaire. »

Force électromotrice d'un élément de pile thermo-électrique, par **Ponsot**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 686-689.

« Aux bornes c et c' d'un élément de pile thermo-électrique on oppose une source électrique dont la force électromotrice de e volts, équilibre celle de l'élément. Le déplacement réversible de 1 coulomb dans l'élément thermo-électrique, et dans le sens du courant qui parcourrait cet élément supposé seul, emprunte une énergie de e joules, fournie par :

» 1° q unités de chaleur absorbées dans la soudure chaude, tandis que q_0 unités de chaleur ont été cédées à la soudure froide; 2° par la chaleur empruntée dans les fils aa' et bb' de l'élément.

» On sait que l'inégalité de température entre deux tranches voisines d'un conducteur homogène amène entre elles une différence de potentiel et engendre ainsi une force électromotrice. La valeur du potentiel en un point donné d'un conducteur donné est une fonction de sa température actuelle, si son état physique, sa constitution chimique ne dépendent que de cette température. La soudure a, b étant à la température θ, la soudure a', b' à la température $\theta_0 < \theta$, $\mathcal{E}$ étant le potentiel d'un point de aa', $\mathcal{E}'$ celui d'un point bb', un coulomb, parcourant le chemin $c'b'a'abc$, aura pris sous forme de chaleur une quantité d'énergie, en joules,

$$\int_{\theta_0}^{\theta}\left(\frac{d\mathcal{E}}{d\theta}-\frac{d\mathcal{E}'}{d\theta}\right)d\theta.$$

L'unité de chaleur choisie étant équivalente à

1 joule, on a

$$e = q + \int_{\theta_0}^{\theta} \left(\frac{d\mathcal{E}}{d\theta} - \frac{d\mathcal{E}'}{d\theta}\right) d\theta - q_0, \qquad (1)$$

$$0 = \frac{q}{\theta} + \int_{\theta_0}^{\theta} \frac{1}{\theta} \left(\frac{d\mathcal{E}}{d\theta} - \frac{d\mathcal{E}'}{d\theta}\right) d\theta - \frac{q_0}{\theta_0}. \qquad (2)$$

Liebenow a donné l'expression suivante :

$$\frac{d\mathcal{E}}{d\theta} = \pm 2{,}04 \sqrt{\frac{RL}{\theta}},$$

R étant la résistance spécifique, L le coefficient de conductibilité calorifique ; mais cette expression ne peut pas être utilisée ici.

» Lorsque, au moyen d'une force électromotrice compensatrice appliquée en cc', on fait cesser le courant électrique, on peut dire que la force électromotrice existant dans le fil aa', force électromotrice que je supposerai croissante de a en a' et égale à E, est équilibrée par une force électromotrice égale et de signe contraire, provenant du reste du circuit. Je comparerai le tout à une machine de Carnot.

» Dans le fil aa', l'énergie à fournir pour un déplacement électrique réversible représente celle qu'on doit céder à la machine de Carnot dans un cycle complet ; l'énergie que reçoit le reste du circuit de l'élément thermo-électrique et le circuit de la force électromotrice compensatrice représente celle que la machine de Carnot fournit au milieu extérieur dont les forces équilibrent la force expansive de la matière de cette machine.

» Le fil aa' est le siège d'un phénomène irréversible de conduction de chaleur : avec une machine de Carnot on peut arrêter, en a, q unités de chaleur et, après un cycle complet de modifications réversibles, rendre, en a', q' unités de chaleur ; on sait qu'on a

$$\frac{q}{\theta} = \frac{q'}{\theta_0},$$

la force d'expansibilité de la matière de la machine ayant fourni au milieu extérieur un travail équivalent à $q - q'$.

» Posant $nE = q - q'$, on peut dire que n coulombs allant de a en a' retiendront dans ce trajet l'énergie $q - q_{\prime}$, qu'ils emporteront pour l'abandonner dans le reste du circuit : c'est comme s'ils entraînaient avec eux, de a, q unités de chaleur, pour n'en laisser en a' que q' unités et emporter le reste.

» Si l'on divise le fil aa' par des sections caractérisées par les températures $\theta\theta_1\theta_2\ldots$ et les valeurs $\mathcal{E}\mathcal{E}_1\mathcal{E}_2\ldots$ du potentiel électrique, et si l'on pose

$$\frac{q}{\theta} = \frac{q_1}{\theta_1} = \frac{q_2}{\theta_2},$$

les n coulombs emportent dans les tranches successives du fil

$$q - q_1 = \frac{q}{\theta}(\theta - \theta_1) = n(\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}),$$

$$q_1 - q_2 = \frac{q}{\theta}(\theta_1 - \theta_2) = n(\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1), \quad \ldots,$$

d'où

$$\frac{\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}}{\theta - \theta_1} = \frac{\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1}{\theta_1 - \theta_2} = \ldots = \frac{E}{\theta - \theta_0} = \frac{q}{\theta} : n = \text{const.}$$

Cette utilisation progressive d'une partie de la chaleur de conduction, dans toutes les tranches du fil, permet de comprendre que cette chaleur puisse alimenter une force électromotrice dirigée en sens inverse de celle considérée.

» *Dans chaque tranche du conducteur, l'unité d'électricité utilise la chute de température d'une quantité invariable d'entropie.*

» En admettant la relation de Liebenow, L étant indépendant de θ, on aurait $R : \theta = \text{const.}$; R *serait nul au zéro absolu :* Loi expérimentale approchée de quelques métaux purs.

» Si, dans les égalités (1) et (2), on pose $\frac{d\mathcal{E}}{d\theta} - \frac{d\mathcal{E}'}{d\theta} = B$, on a

$$e = \left(B + \frac{q_0}{\theta_0}\right)(\theta - \theta_0) - B\theta(\text{Log}\,\theta - \text{Log}\,\theta_0) ; \qquad (3)$$

comme $\frac{de}{d\theta}$ doit être indépendant de θ_0, on a

$$\frac{q}{\theta} + B\,\text{Log}\,\theta = \text{const.} \qquad (4)$$

Il est désirable d'utiliser la relation (3) à la mesure des températures absolues ; on écrira

$$e_\theta = a\theta + b\theta \log \theta + c : \qquad e_{\theta_0} = 0,$$

a, b, c étant des constantes, dont la dernière seule dépend de θ_0, on se servira des logarithmes usuels. Pour la détermination des constantes on devra faire deux mesures ; on sera donc obligé de connaître trois températures absolues, la valeur de l'une d'elles étant choisie arbitrairement.

» La détermination des températures absolues

au moyen de la mesure de q (4) (Pellat) demanderait la détermination de deux constantes et la connaissance de deux températures absolues, l'une d'elles ayant une valeur donnée.

» Si, pour la détermination des constantes d'un élément thermo-électrique, l'on accepte les données d'un thermomètre quelconque, dans un intervalle déterminé de températures, je crois qu'on pourra affirmer que ce thermomètre ne donne pas une *échelle exacte* de températures absolues, si cette échelle ne coïncide pas, dans toute son étendue, avec celle de l'élément thermo-électrique. »

Séance du 3 novembre 1902.

Sur l'égalité de la vitesse de propagation des rayons X et de la vitesse de la lumière dans l'air, par **R. Blondlot**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 721-724.

Reprenons l'appareil décrit dans la note précédente (voir p. 245), les fils de transmission ayant une longueur de 80 cm ; comme nous l'avons vu, l'étincelle du résonateur présente un maximum d'éclat lorsque le tube est à 53 cm de la coupure. Laissant de côté l'analyse théorique du phénomène pour ne retenir que le fait observé, admettons seulement, ce qui est indubitable, que le maximum est dû à ce qu'il y a une distance du tube pour laquelle les rayons X illuminent la coupure pendant l'existence de la force électrique à cette coupure avec plus d'intensité que pour les autres distances. Nous désignerons par V $\frac{\text{cent.}}{\text{sec.}}$ et V′ $\frac{\text{cent.}}{\text{sec.}}$ les vitesses de propagation respectives des ondes hertziennes et des rayons X.

Après avoir déterminé la position du tube donnant le maximum d'étincelles, allongeons les fils de transmission de α cm : la cessation des rayons X à la coupure ainsi retardée de $\frac{\alpha}{V}$ sec. ; il faudra donc, pour rétablir la coïncidence des temps et retrouver le maximum, diminuer la distance du tube à la coupure d'une longueur β telle que $\frac{\beta}{V'} = \frac{\alpha}{V}$. L'expérience donne $\frac{\beta}{\alpha}$, et par cela même, en vertu de l'égalité précédente, $\frac{V}{V'}$.

Des déterminations extrêmement nombreuses ([1]), dans lesquelles on a fait varier α dans des limites aussi étendues que cela était possible, ont donné invariablement $\beta = \alpha$; d'où il résulte que $V = V'$ au degré d'approximation que comporte la détermination de la position du tube qui rend l'étincelle maximum.

Voici maintenant un autre genre d'expériences : dans celles-ci, on compense encore le temps que les rayons X emploient pour franchir un certain espace par le temps que les ondes électromagnétiques emploient pour parcourir une certaine longueur de fil ; mais ici ce ne sont plus les fils de transmission que l'on allonge ou raccourcit, c'est le fil du résonateur. Les extrémités du résonateur étant écartées l'une de l'autre d'environ 0,3 cm, on leur soude respectivement les deux fils d'une petite ligne de transmission ; à l'extrémité de cette ligne est adapté le micromètre à étincelles, la nouvelle coupure étant ramenée à la position de l'ancienne en repliant la petite ligne sur elle-même. L'action

([1]) Le tableau ci-dessous contient les résultats d'une série d'expériences : la première colonne donne les valeurs de α ; la seconde les valeurs correspondantes de β déterminées par M. Virtz, aide de M. Blondlot ; la troisième les valeurs de β déterminées par M. Blondlot lui-même ; la quatrième les moyennes des valeurs précédentes de β. Chacun des nombres de la seconde et de la troisième colonne est la moyenne de cinq mesures.

	β		
α	Virtz.	Blondlot.	Moyenne.
— 7	— 6,5	— 5,9	— 6,2
+ 9	+ 8,9	+ 10,5	+ 9,7
+ 12,5	+ 12,6	+ 12	+ 12,3
+ 15	+ 14,5	+ 15,1	+ 14,8
+ 25	+ 24,5	+ 25,3	+ 24,9
+ 30	+ 30	+ 31,0	+ 30,5
+ 40	+ 39,6	+ 39,3	+ 39,4
+ 25	+ 23,2	+ 24,6	+ 23,9

On voit que les nombres de la quatrième colonne diffèrent assez peu des nombres correspondants de la première pour que les différences puissent être attribuées à l'impossibilité de déterminer d'une manière très précise la position du tube qui rend l'étincelle maximum. La série des expériences, au nombre de 80, résumées dans le tableau précédent, donne le résultat définitif suivant : en remplaçant α et β par les moyennes de leurs valeurs, on trouve $\frac{V'}{V} = \frac{161,7}{163,5}$. D'autres séries d'expériences ont donné $\frac{138}{139}$, $\frac{146}{144}$, ... Ces quotients sont très voisins de l'unité : les mesures isolées présentent parfois des écarts assez notables, comme on peut le voir sur le tableau ci-dessus, mais l'influence de ces écarts a toujours disparu dans les moyennes d'un grand nombre de déterminations. M. Blondlot a vérifié que les valeurs de β sont indépendantes de la grandeur et de la forme du résonateur.

de l'excitateur sur le résonateur y produit une onde hertzienne qui doit parcourir une certaine longueur de fil pour aboutir à la coupure et y produire l'étincelle. Si donc on a allongé chaque moitié du résonateur de a centimètres, l'étincelle est retardée de $\frac{a}{V}$ sec. et, pour obtenir le maximum d'étincelle, il faudra que la distance du tube à la coupure soit augmentée d'un nombre b de centimètres tel que $\frac{b}{V'} = \frac{a}{V}$. La valeur observée de $\frac{b}{a}$ donne celle de $\frac{V'}{V}$. On remplace dans ce calcul b et a par leurs valeurs moyennes dans les différentes expériences. Celles-ci, très nombreuses et concordantes, dans lesquelles on a fait varier a de 0 cm à 25 cm, ont donné $\frac{V'}{V} = 0{,}93$. Cette valeur s'accorde suffisamment avec les résultats de la première méthode, qui semble d'ailleurs plus précise, parce que le retard des ondes hertziennes y est mieux défini.

L'ensemble des résultats expérimentaux obtenus, tant par l'une que par l'autre méthode, peut se résumer ainsi : si à la longueur des fils de transmission on ajoute la distance du tube à la coupure qui donne le maximum d'étincelle, et que l'on en retranche, s'il y a lieu, la longueur de la petite ligne ajoutée au résonateur, on obtient la longueur constante 133 cm.

« Remarquons, dit M. Blondlot, que, dans l'une comme dans l'autre des méthodes décrites, le rapport $\frac{V'}{V}$ est obtenu sans que l'on ait besoin de connaître le détail des phénomènes : ce sont des méthodes de *substitution*, analogues à la méthode de Borda pour les pesées. Il y a toutefois une complication : la position du tube qui donne le maximum d'étincelle est plus rapprochée de la coupure que si l'intensité des rayons X ne décroissait pas avec la distance ; la décroissance de l'intensité suffit en effet pour rendre décroissante une action qui sans cela ne croîtrait que très lentement avec la distance. Ce rapprochement est plus grand pour les petites distances que pour les grandes parce que la décroissance de l'intensité est plus rapide pour les petites distances. L'augmentation de b ou de β produite par cette cause ne peut être calculée *a priori*, mais la concordance finale de tous les résultats indique qu'elle ne surpasse pas les erreurs d'expérience.

» Résumons le contenu de cette note et de la précédente :

» En supposant *a priori* l'égalité des vitesses de propagation des rayons X et des ondes hertziennes, on a été conduit à prévoir que le renforcement produit par le tube sur l'étincelle devait passer par un maximum pour une certaine distance du tube. L'expérience a confirmé cette prévision. La même supposition a permis de calculer d'avance les déplacements que la position du tube correspondant à ce maximum devait éprouver, soit par l'allongement des fils de transmission, soit par l'annexion d'une petite ligne au détonateur : on devait, en effet, pouvoir compenser le temps que les ondes électriques emploient pour parcourir une certaine longueur de fil par le temps que les rayons X emploient pour franchir une distance égale. Cette compensation s'est produite en réalité : des deux méthodes employées l'une a donné pour le rapport des vitesses 0,97 [1], l'autre 0,93. — D'autre part, il paraît impossible de donner une autre explication du maximum d'éclat de l'étincelle, de ses déplacements et des autres circonstances de ces phénomènes. L'ensemble de tous ces faits conduit donc à cette conclusion : *La vitesse de propagation des rayons* X *est égale à celle des ondes hertziennes ou de la lumière dans l'air.* »

Remarque au sujet de la note de M. Ponsot, par **H. Pellat.** *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 733-734.

Le passage : « La détermination des températures absolues au moyen de la mesure de q (4) » (Pellat) demanderait la détermination.... » (voir page 249) pourrait faire croire que la méthode proposée par M. Pellat [2] est identique à celle qui repose sur la relation (4) de la Note de M. Ponsot.

M. Pellat fait observer que « sa méthode est différente, car elle ne nécessite pas l'emploi de deux températures connues en valeur absolue. Elle donne, en effet, directement le rapport $\frac{T_0}{T}$ de deux températures absolues quelconques ; par conséquent, il suffit d'avoir à sa disposition une seule température fixe, connue en valeur absolue, celle de la glace fondante, par exemple, égale à 273 sur l'échelle centigrade, pour pou-

(1) Après une correction relative au revêtement isolant des fils de transmission.

(2) *Écl. Élect.*, t. XXIX, p. 450, 21 décembre 1901.

voir déterminer sur cette échelle n'importe quelle autre température. »

Sur la résistance électrique du sulfure de plomb aux très basses températures, par **Edmond van Aubel**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 734-736.

Les expériences ont été faites sur une tige de sulfure de plomb, obtenue en coulant le produit pur fondu dans une lingotière cylindrique au préalable fortement chauffée. Cette tige était ensuite limée et usée avec précaution, de manière à réaliser un cylindre qui avait 5,9 mm de diamètre. Cette petite baguette de sulfure de plomb était munie à ses deux extrémités de pinces en laiton, qui permettaient de mesurer la résistance électrique de la tige par la méthode de Lord Kelvin. Pour assurer un contact plus certain encore on avait entouré, d'une étroite bandelette de feuille d'étain, les deux extrémités de la baguette de sulfure, avant de la fixer dans les pinces (1).

Voici les résultats des mesures, dans l'ordre où ils ont été obtenus :

	Températures.	Résistances électriques de la tige en ohms.
	+ 23,3	$10^{-5} \times 474$
	+ 44,4	$10^{-5} \times 516$
	+ 61,55	$10^{-5} \times 551$
	+ 81,85	$10^{-5} \times 588$
(25 août 1902)	+ 20,2	$10^{-5} \times 461$
	+ 74,9	$10^{-5} \times 278,5$
	— 62	$10^{-5} \times 301$
	— 53,1	$10^{-5} \times 316$
	— 44,6	$10^{-5} \times 331$
	— 31,8	$10^{-5} \times 354$
	— 29,6	$10^{-5} \times 358$
(27 août 1902)	+ 20,21	$10^{-5} \times 469$
	— 187,2	$10^{-5} \times 107,5$
(25 août 1902)	+ 20,7	$10^{-5} \times 472$

La résistivité du sulfure de plomb pur et coulé est donc 289,88 microhms-centimètre à la température de + 20°,7 C. Cette résistivité *diminue toujours* à mesure que la température devient plus basse, en sorte que, dans l'air liquide, la résistance électrique de la tige étudiée est inférieure au $\frac{1}{4}$ de sa valeur à la température de + 20°,7. Le sulfure de plomb coulé se comporte donc, entre les limites de température considérées, comme les métaux purs, et sa résistivité électrique est considérablement plus faible que celle de la pyrite naturelle $Fe\,S^2$, dont la résistance diminue quand la température s'élève :

	Résistivité électrique.	
Pyrite naturelle.	$1\,513 \times 10^3$ microhms-cm.	à + 20°C.
Sulfure de plomb.	289,88 »	à + 20°,7C.

Si l'on trace la courbe qui exprime la variation de la résistance électrique avec la température, on constate qu'elle ne présente pas une forte courbure et que la quantité $\frac{\Delta R}{\Delta t}$ est d'autant plus grande que l'on s'écarte davantage du zéro absolu. Enfin, après avoir été refroidi dans l'air liquide, le sulfure de plomb a repris sensiblement sa résistance électrique à + 20°,7.

D'après M. J. Guinchant (1) qui a étudié le sulfure de plomb pur et coulé entre — 25° et + 920°, la résistivité peut être représentée de — 25° à + 100° par la relation

$$\rho_t = 0{,}000\,298\,(1 + 0{,}005\,01\,t).$$

M. Guinchant ajoutait : « L'allure de la courbe entre + 900° et — 25° fait prévoir une tangente horizontale et, par conséquent, un minimum de résistivité, mais à une température très basse, probablement inférieure à — 100°. » Les mesures de M. van Aubel indiquent également une loi linéaire entre — 29°,6 et + 81°,85, mais pour les basses températures elles n'ont pas indiqué l'existence d'un minimum.

D'autre part, F. Streintz (2) a réalisé une tige, par compression (3) de la poudre de galène (PbS). Entre + 30° et + 200°, la conductibilité pouvait être obtenue par la formule $K = a \times T^\alpha$, dans laquelle T est la température absolue, a et α deux constantes. La résistivité diminuerait donc quand la température s'élève, contrairement aux mesures faites par J. Guinchant et à celles de M. van Aubel. En outre, la galène ayant été placée par F. Streintz dans l'air liquide, la résistance électrique est devenue considérable. Ainsi une tige *vieillie* de galène ayant 2 cm de longueur et 0,5 cm² de section avait 28 ohms de résistance à + 22° et 67000 ohms environ dans l'air liquide.

(1) Les diverses températures ont été réalisées et mesurées, comme il a été indiqué dans une précédente note, *Écl. Élect*, t. XXXIII, p. 34, 4 octobre 1902.

(1) *Comptes rendus*, séance du 26 mai 1902, p. 1124.

(2) *Sitzungsber. der Akad. der Wissens.* Vienne, séance du 6 mars 1902, p. 361.

(3) La tige de sulfure de plomb coulé, utilisée dans les mesures de M. van Aubel, était absolument massive et ne présentait aucune soufflure.

Le Gérant : C. NAUD

Tome XXXIII. Samedi 22 novembre 1902 9e Année. — N° 47.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

LE RÉSEAU DES TRAMWAYS DE NICE ET DU LITTORAL

AU POINT DE VUE DE LA PRODUCTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Le réseau concédé à la Société des tramways de Nice et du Littoral est fort étendu; il comprend en effet une ligne qui suit le littoral depuis Cagnes jusqu'à Menton sur un parcours d'environ 43 km, une ligne de pénétration dans l'intérieur du département de Nice à Contes-les-Pins (fig. 1) et tout un réseau urbain destiné à desservir la ville de Nice proprement dite (fig. 2).

A l'heure actuelle la plus grande partie du réseau est en pleine exploitation; il ne reste à construire que quelques lignes urbaines et la partie du littoral comprise entre Beaulieu et Menton.

Pour un ensemble aussi étendu il était indispensable de prévoir plusieurs postes de production du courant à 550 volts directement consommé par les voitures; d'autre part l'exploitation de plusieurs petites usines isolées aurait été onéreuse : on fut ainsi conduit à placer dans Nice une station centrale susceptible de desservir la totalité du réseau en produisant à la fois du courant continu directement utilisable dans l'intérieur de Nice, et du courant alternatif à haute tension susceptible d'être transformé dans des sous-stations convenablement placées.

D'autre part la Société des tramways de Nice et du Littoral disposait d'une usine hydraulique qui utilisait une force motrice captée sur le Var; il fallait donc disposer l'usine de Nice de manière à recevoir le courant à haute tension envoyé de cette usine hydraulique.

Nous allons décrire les installations qui ont permis de réaliser ce programme d'une façon entièrement satisfaisante.

Usine génératrice hydraulique de la Mescla. — L'usine hydraulique (fig. 3) est située sur le Var à environ 30 km de l'embouchure de ce fleuve ; dans cette région le lit du Var est en pente moyenne de 6 à 8 mm par mètre, de sorte qu'en coupant par un tunnel une boucle presque fermée dont le développement est d'environ 2 km et en y dérivant les eaux on réalise une chute d'environ 10,50 m au moment de l'étiage.

Cette chute serait réduite de près de moitié en temps de crue par suite de l'élévation du niveau d'aval ; c'est pourquoi on construisit un long canal de fuite, destiné à décharger les

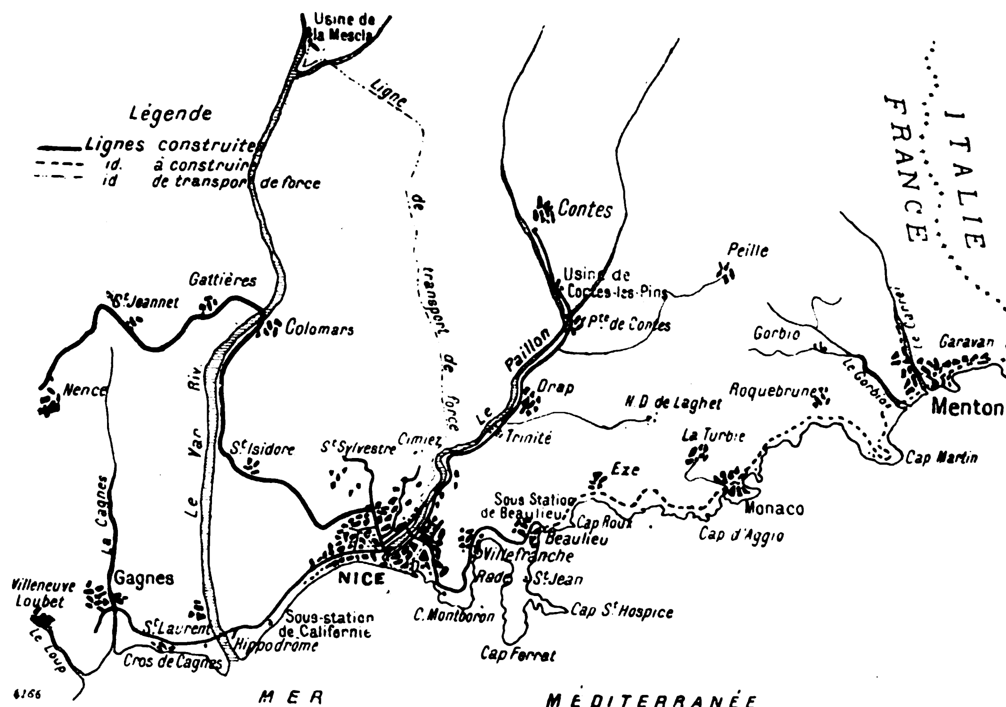


Fig. 1. — Plan d'ensemble du réseau.

eaux à une certaine distance de l'usine dans un point où n'atteignent jamais les plus hautes eaux. Ultérieurement ce canal de fuite fut prolongé considérablement afin de créer une seconde chute utilisable séparément.

La chute de la Mescla se trouve donc finalement établie entre deux niveaux parfaitement définis et elle est complètement indépendante des fortes crues de ce fleuve.

La prise d'eau (fig. 4) est constituée provisoirement par une série de grilles s'ouvrant sur le fleuve et par un enrochement formant barrage partiel. A condition d'être maintenues propres, ces grilles peuvent dériver de 15 à 20 m³ à la seconde ; ce débit constitue la presque totalité du Var au moment de l'étiage ; mais en temps ordinaire il ne représente guère que la moitié ou le tiers du courant total.

L'installation doit être complétée ultérieurement par un barrage fixe formant déversoir avec vannes de chasse pour écouler les graviers que le fleuve charrie en quantité considérable.

Le tunnel d'amenée d'eau est complètement en souterrain ; il traverse des calcaires fort durs qui ont permis de supprimer tout revêtement sur les voûtes ; les pieds droits et le radier sont bétonnés sur une épaisseur moyenne de 15 cm, et garnis d'un enduit au ciment.

Le bassin de décantation a approximativement la forme d'un triangle rectangle dont l'hypothénuse est formée par la montagne, un côté de l'angle droit par un mur de retenue formant trop-plein et l'autre côté de l'angle droit par le bâtiment des machines.

Les turbines, au nombre de trois, sont du type Francis double à axe horizontal; elles sont noyées dans des chambres d'eau; l'axe seul traverse le mur de retenue par un presse-étoupe, et pénètre dans la salle des dynamos où il se termine par un manchon d'accouplement. Ces turbines ont été fournies par la maison Escher Wyss qui les a munies de son

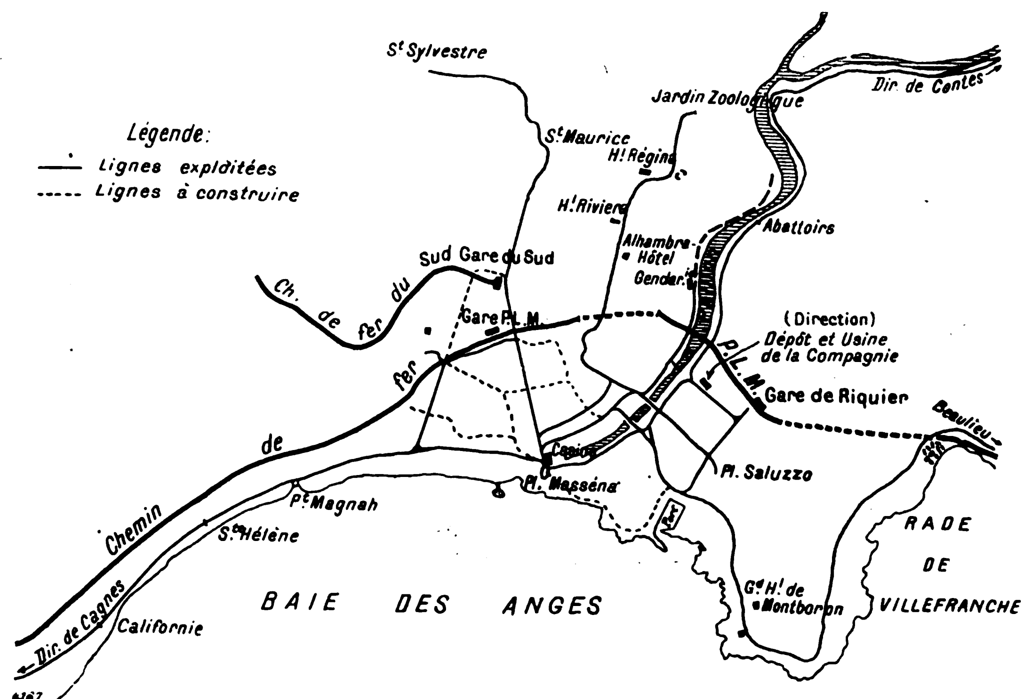


Fig. 2. — Réseau urbain.

régulateur à servo-moteur, mu par l'huile sous-pression. Aux essais elles ont développé une puissance de 850 chevaux effectifs sous une chute de 10,50 m.

En dehors de ces trois turbines principales il existe deux turbines de 50 chevaux qui commandent les excitatrices et une turbine de 10 chevaux qui actionne un compresseur d'huile pour l'alimentation des servo-moteurs.

Les turbines ont leur axe situé à 5 m au-dessus du niveau d'aval, c'est-à-dire qu'elles travaillent sous une compression de 5,50 m et une aspiration de 5 m.

Le distributeur est constitué par une série d'aubes mobiles qui peuvent pivoter toutes ensemble autour d'articulations fixes, sous l'action d'un collier qui détermine leur plus ou moins grande ouverture; ce collier mobile est solidaire de bras articulés que commande le servo-moteur à huile sous pression.

L'action du régulateur est assez rapide pour qu'en cas d'une décharge brusque telle que celle qui peut résulter de la fusion des plombs, l'augmentation instantanée de vitesse ne dépasse pas 7 à 8 p. 100 de la vitesse normale.

Les alternateurs sont du type à inducteur tournant; leurs caractéristiques sont les suivantes :

Diamètre de l'induit . . . . 2,760 m.

Largeur de l'induit	0,360 m.
Nombre de tours à la minute	150
Nombre de bobines par pôle et par phase	2
Voltage des excitatrices	50 volts
Courant d'excitation à pleine charge	110 ampères
Rendement à pleine charge	95 p. 100
Rendement à demi-charge	92

Le tableau de distribution est composé de 7 panneaux distincts et juxtaposés, à savoir :

1 panneau pour les deux excitatrices
1 panneau pour chaque alternateur
1 panneau totalisateur avec compteur et indicateurs de terre
1 panneau pour chacune des deux lignes.

Le courant venant des alternateurs passe par un interrupteur tripolaire à rupture dans l'huile, puis se rend directement aux barres omnibus. Tous les appareils de mesure (ampèremètres, voltmètres), sont branchés sur des transformateurs de courant et de potentiel situés derrière le tableau. La partie avant du tableau est donc complètement dépourvue de circuits à haute tension. Le courant est pris sur les barres omnibus et envoyé dans les lignes au moyen de deux autres panneaux comprenant chacun trois coupe-circuit fusibles et un interrupteur à rupture dans l'huile.



Fig. 3. — Usine de la Mescla, vue prise du bassin de décantation.

Ces fusibles sont constitués par une lame mince d'aluminium travaillant fortement à l'extension sous l'action de deux ressorts opposés; en cas de fusion les ressorts séparent vivement les deux extrémités du fusible et la rupture du courant est produite instantanément.

Depuis la mise en exploitation de l'usine, ces interrupteurs à huile et surtout les plombs fusibles ont dû à maintes reprises couper des charges de 1 500 à 2 000 kilowatts; ils l'ont toujours fait avec une sûreté parfaite et sans la moindre détérioration; en particulier les supports des fusibles bien que directement exposés à l'arc de rupture sont restés complètement indemnes de toute trace de coup de feu.

Les courts-circuits en ligne amènent généralement la fusion des plombs s'ils sont francs; mais il est arrivé quelquefois qu'ils ont lieu pendant un temps trop court pour la déterminer; dans ce dernier cas les moteurs synchrônes des sous-stations peuvent tomber hors du synchronisme : il faut alors couper avec les interrupteurs à huile un circuit absorbant une puissance d'au moins 1 000 kilowatts : on a toujours pu le faire sans inconvénient pour les appareils.

L'usine est protégée par une batterie de 6 parafoudres, à savoir : un par fil de transport de force.

Ces parafoudres sont du système Wirt : une série de gros cylindres en cuivre de 50 mm de diamètre environ se trouve disposée en chapelet, entre un des pôles du réseau et un fil de terre; la distance entre deux cylindres consécutifs est d'environ 1 mm; la décharge atmosphérique a donc à franchir toute une série d'intervalles pour se rendre d'un des fils à la terre et la capacité calorifique des cylindres de cuivre est suffisante pour refroidir rapidement l'arc voltaïque formé et l'empêcher de subsister.

Jusqu'à ce jour les appareils électriques n'ont eu aucunement à souffrir de la foudre ; bien que les orages soient fréquents dans la région et que des installations très voisines protégées par des parafoudres à cornes aient été arrêtées par de nombreux accidents dus aux décharges atmosphériques.

Il est à remarquer que ces parafoudres fonctionnent sans mettre la ligne en court-circuit et sans faire tomber sensiblement le voltage; ils ne déterminent donc jamais le décrochage des moteurs synchrônes qui aurait été à craindre avec tout autre système.

Ligne de transmission. — La construction de la ligne de transmission a été rendue extrêmement difficile par la nature escarpée de la région montagneuse qu'elle traverse et par l'absence d'une route directe entre l'usine et la sous-station de Nice.

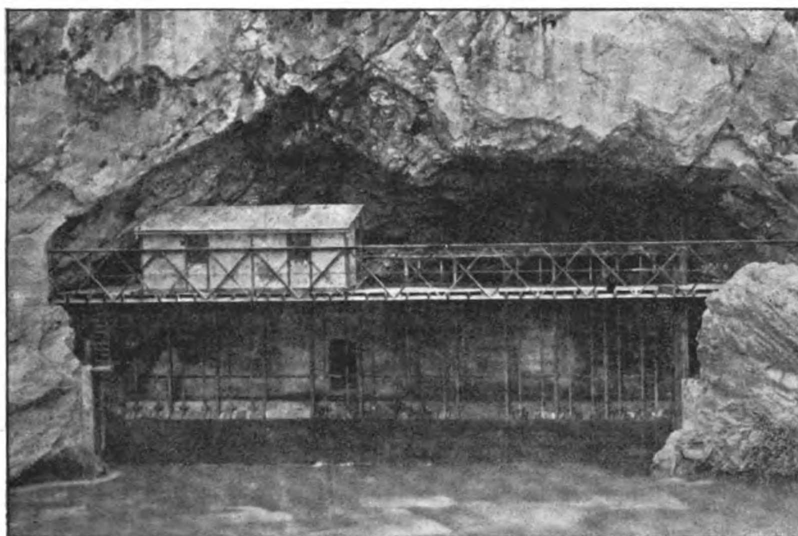


Fig. 4. — Prise d'eau de l'usine de la Mescla.

Dans les parties mêmes où le tracé suivait la direction générale d'une route départementale, celle-ci n'était pas utilisable en raison de ses lacets répétés et des arbres fruitiers placés en bordure; la plus grande partie de la ligne a donc été placée au travers de propriétés particulières.

Au sortir de l'usine, la ligne suit la vallée du Var qui se trouve encaissée au point que la route qui la dessert est fréquemment en tunnel; de chaque côté du fleuve des murailles de rochers s'élèvent à pic sur une hauteur qui dépasse parfois 200 et 300 m; les courbes et contre-courbes de la route sont constantes, en sorte que la ligne passe alternativement à droite et à gauche de celle-ci, tantôt fixée par des scellements au rocher, tantôt supportée par des poteaux maçonnés dans le parapet.

Puis le tracé quitte la vallée du Var pour gagner celle d'un torrent parallèle dont l'embouchure se trouve à Nice, le Paillon; il faut donc escalader la muraille rocheuse dont les escarpements presque verticaux atteignent 350 m.

Ensuite la ligne descend jusqu'à Nice, tantôt suivant la route, tantôt coupant au plus court au travers de plantations d'oliviers; elle entre à Nice par un faubourg et gagne directement le dépôt des tramways. Le dernier kilomètre est en fil isolé; précaution d'une efficacité douteuse, mais imposée par le service des Postes et Télégraphes.

Dans toute sa longueur, le transport de force est assuré par 6 fils de 7 mm de diamètre constituant deux lignes triphasées indépendantes que l'on associe généralement en parallèle aux deux extrémités.

Tous les supports sont constitués par des pylônes métalliques; ils ont 2 m en terre et 11 m au-dessus du sol; leur espacement maximum est de 40 à 45 m.

Suivant les angles dont ils occupent les sommets, les poteaux ont à résister à des efforts plus ou moins considérables; on a donc fait usage de trois types différents qui pèsent respectivement 750, 850 et 1 000 kg.

L'administration des Postes et Télégraphes, plus sévère pour cette installation que pour d'autres similaires, avait exigé l'emploi d'un filet de protection partout où un conducteur surplombait la chaussée. Ce filet est supporté par deux barres transversales de 2 m placées au-dessus et au-dessous des conducteurs.

Les isolateurs ont tous été essayés avant la pose de la manière suivante : ils étaient plongés pendant un certain temps dans l'eau salée, ils étaient ensuite bien essuyés et placés les cloches renversées dans un bain d'eau salée qui cette fois affleurait au niveau du collet destiné à recevoir la ligature, l'emplacement de la ferrure recevait ensuite quelques gouttes d'eau salée et une tension de 20 000 volts était appliquée entre l'intérieur et l'extérieur.

Tout défaut de l'émail était immédiatement mis en évidence par la rupture complète de l'isolateur.

Grâce à cette précaution la ligne fut mise en charge sans qu'aucun isolateur se montrât défectueux.

Depuis la mise en exploitation de la ligne les seuls accidents survenus ont été dus à des causes extérieures : dans son parcours au fond de la vallée du Var la ligne se trouve exposée à des chutes de pierres parfois très volumineuses et à quelques reprises les ligatures des fils ont été ainsi brisées et des courts-circuits produits.

Il est arrivé également que des branches d'arbres vinssent toucher les fils; mais les dérivations ainsi produites ne donnaient jamais lieu à des pertes assez importantes pour arrêter le fonctionnement du transport de force; le défaut était localisé pendant un arrêt de nuit et promptement supprimé.

Station principale des tramways. — Ainsi qu'il est dit plus haut la station principale des tramways est située à Nice dans le dépôt des voitures, et elle est disposée de façon à pouvoir produire le courant continu en utilisant soit la force motrice amenée par la ligne de la Mescla, soit la puissance de moteurs à vapeur.

A cet effet elle renferme deux génératrices à courant continu de 500 kilowatts, accouplées chacune à un alternateur de 550 kilowatts; de plus chacun des groupes ainsi constitués est muni d'une poulie qu'un embrayage permet à volonté de rendre dépendante ou indépendante des dynamos. Ces poulies sont reliées par courroies à des moteurs à vapeur de 1 100 à 1 200 chevaux.

En temps normal, c'est-à dire lorsque les tramways sont mus par la transmission de force, les poulies sont débrayées, et l'alternateur fonctionnant comme moteur synchrône entraîne la dynamo à courant continu; au cas contraire où la transmission de force est arrêtée, les poulies sont embrayées et l'alternateur fonctionnant comme génératrice fournit le courant alternatif nécessaire aux sous-stations et aux autres appareils électriques du réseau.

Enfin il est fort aisé de laisser couplées les machines à vapeur tandis que fonctionne le transport de force; elles marchent alors en parallèle avec les turbines, prenant plus ou

moins de la charge totale suivant les actions des régulateurs, et ceux-ci sont munis d'un mécanisme de réglage permettant en pratique de faire varier cette répartition à volonté suivant les besoins de l'exploitation.

Cette facilité de marche en parallèle à distance des deux systèmes de moteurs est extrêmement utile; elle permet de charger l'usine hydraulique à sa pleine puissance, en utilisant les machines à vapeur pour prendre les surcharges de peu de durée.

Ces groupes moteurs générateurs d'une puissance de 500 kilowatts débitent sur le réseau de trôlet qui s'étend autour de Nice. En semaine un seul suffit : mais les jours de fête on met généralement les deux en parallèle.

En dehors de ces machines principales l'usine renferme un certain nombre d'appareils qui la compliquent sensiblement. En premier lieu deux sous-stations, celles de Beaulieu et de la Californie sont reliées à la station de Nice par des câbles souterrains qui fonctionnent à 4 500 volts ; elles prennent leur courant de 9 transformateurs de 55 kilowatts qui abaissent de moitié la tension primaire.

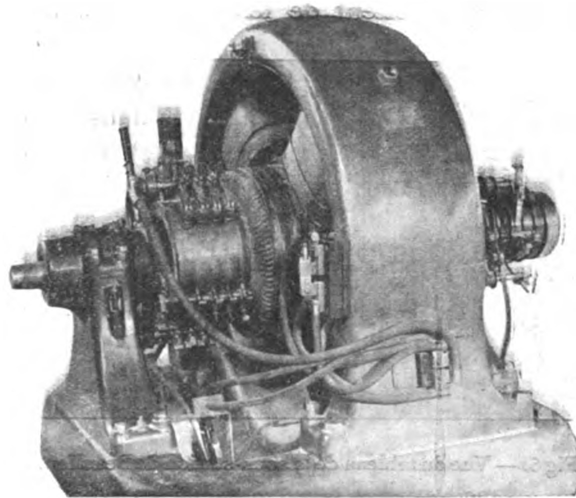


Fig. 5. — Une des commutatrices de la station de Nice.

En second lieu une partie du réseau urbain de Nice emploie le système à caniveau souterrain dont les deux pôles sont isolés : ce circuit spécial est desservi par deux commutatrices de 150 kilowatts (fig. 5), alimentées elles-mêmes par deux batteries de 3 transformateurs chacune abaissant la tension de 9 000 à 340 volts.

En troisième lieu la station renferme un survolteur destiné à l'alimentation de la ligne de Contes-les-Pins ; cette ligne, bien que s'étendant à environ 15 km de l'usine, n'est pas parcourue par un nombre de voiture suffisant pour justifier l'établissement d'une sous-station spéciale ; elle est alimentée par un feeder de 8 km de longueur et de 125 mm² de section, et la chute de tension qui se produit le long du feeder est compensée automatiquement par un survolteur ; cette dynamo est en effet excitée en série, de manière à produire une force électromotrice d'environ 1 volt par ampère. Elle est entraînée par un moteur asynchrone d'une puissance de 50 chevaux et le courant triphasé nécessaire à ce moteur est fourni par une batterie de trois transformateurs de 20 kilowatts abaissant la tension de 9 000 à 110 volts.

En résumé le matériel électrique de la station se subdivise de la manière suivante :

Deux groupes formés chacun d'un moteur synchrone de 550 kilowatts, 300 tours, 9 000 volts et d'une génératrice à courant continu de 500 kilowatts, 550 volts.

Neuf transformateurs de 55 kilowatts abaissant la tension de 9 000 à 4 500 volts ;

Six transformateurs de 55 kilowatts abaissant la tension de 9 000 à 340 volts, et deux commutatrices transformant le courant triphasé à 340 volts en courant continu à 550 volts ;

Un survolteur donnant 180 volts pour un courant de 180 ampères, couplé directement à un moteur asynchrone de 50 chevaux et trois transformateurs de 20 kilowatts fournissant le courant à 110 volts nécessaire à ce moteur.

En raison du nombre de ces appareils le tableau a forcément une grande importance, son développement total atteint 23 m ; les panneaux à haute tension sont montés sur une

plate-forme qui domine la salle des machines et les panneaux à basse tension sont en dessous des premiers au niveau du sol.

En principe chaque appareil à haute tension a son panneau particulier ; les câbles qui le connectent aboutissent à un interrupteur à rupture dans l'huile qui lui-même est relié par trois fusibles aux barres omnibus ; les interrupteurs et les fusibles sont du même type que ceux employés au tableau de l'usine de la Mescla.

Le tableau à courant continu a deux jeux de barres omnibus ; les feeders de la ligne de trôlet sont branchés sur le premier jeu tandis que les feeders des lignes en caniveau souterrain sont reliés au second ; d'autre part chaque génératrice de 500 kilowatts et chaque commutatrice de 150 kilowatts est reliée à deux interrupteurs unipolaires à double direction qui permettent de les brancher à volonté sur le circuit du trôlet ou sur celui du caniveau.

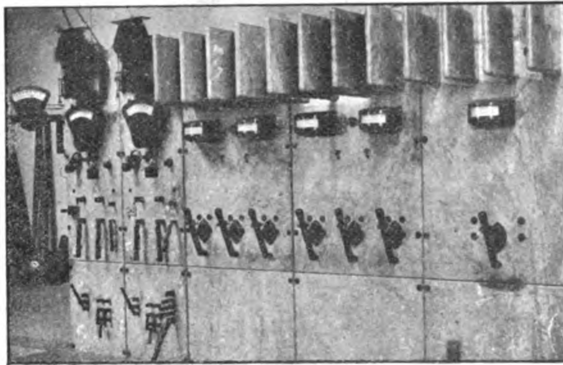


Fig 6. — Vue du tableau de la sous-station de Beaulieu.

Les commutatrices ainsi que les moteurs synchrones peuvent être démarrées facilement au moyen du courant alternatif, mais en général on préfère les mettre en route par le côté continu en empruntant le courant à une machine déjà en marche : on supprime ainsi tout-à-coup sur l'usine génératrice.

Cette installation met bien en évidence les qualités des commutatrices au point de vue de la sûreté du fonctionnement en présence de surcharges : en raison de leur excitation compound elles ne tombent jamais hors de phase malgré les courts-circuits les plus francs; elles peuvent sans aucun inconvénient subir des surcharges momentanées de 50 p. 100 et même davantage ; les moteurs synchrones, au contraire, peuvent se décrocher toutes les fois qu'une surcharge trop forte fait baisser, même légèrement, la vitesse des dynamos de l'usine de la Mescla ; dans ce cas, en effet, toutes les machines se ralentissent en même temps, y compris les excitatrices qui sont reliées par courroie aux moteurs synchrones ; la diminution d'excitation se joignant à la surcharge et à la baisse de voltage qui en résulte a naturellement pour effet de compromettre la stabilité du synchronisme.

Dans le cas présent on était forcé d'adopter le type moteur générateur pour les machines principales ; en effet une commutatrice de 500 kilowatts ne pourrait guère fournir que 350 à 375 kilowatts entraînée par une machine à vapeur et fonctionnant comme double génératrice.

Dans le cas de la marche à la vapeur la puissance de la station aurait donc été réduite alors qu'elle eût eu précisément besoin d'être augmentée pour subvenir à la demande des sous-stations secondaires. Le type moteur-générateur qui double au contraire la puissance génératrice quand il est entraîné par la machine à vapeur était donc plus satisfaisant.

Pour terminer ce qui concerne cette station nous dirons quelques mots de l'installation à vapeur.

Les moteurs sont constitués par deux machines Corliss monocylindriques jumelles attelées sur un volant de 5 m de diamètre pesant 40 tonnes.

La vapeur est fournie à la pression de 10 kg : cm^2 par deux batteries de quatre chaudières semi-tubulaires ayant une surface de chauffe de 180 m^2.

L'alimentation est assurée par deux petits chevaux pouvant débiter chacun 20 m^3 d'eau à l'heure.

Toute l'eau que consomment l'usine et le dépôt est prise dans un puits de fortes dimensions ; les petits chevaux alimentaires y puisent directement, tandis que l'eau destinée aux conduites du dépôt est refoulée dans un château-d'eau au moyen d'une pompe centrifuge actionnée par un moteur électrique.

Sous-stations secondaires. — Indépendamment de la station principale qui vient d'être décrite, la ligne du littoral est alimentée actuellement par une sous-station placée entre Cagnes et Nice et par une semblable sise à Beaulieu (fig. 6) ; enfin entre Monaco et Menton le réseau sera alimenté par une sous-station mixte qui pourra, à volonté, utiliser un transport de force ou produire directement sa puissance, mais qui n'est pas encore construite.

Les deux sous-stations actuellement en fonctionnement sont identiques comme matériel : elles comportent deux commutatrices de 150 kilowatts et six transformateurs de 55 kilowatts abaissant la tension de 4 500 à 340 volts.

La disposition des panneaux est à peu près la même que celle de l'usine de Nice comme appareils et comme connexions.

Les commutatrices débitent sur le réseau de trôlet en parallèle avec la station de Nice ; la résistance du réseau de trôlet entre les différents points d'alimentation est suffisante pour que les dynamos ne risquent pas de se décharger les unes sur les autres.

La puissance moyenne exercée par chacune de ces sous-stations est d'environ 75 à 100 kilowatts les jours de semaine ; mais le débit peut être augmenté dans des proportions considérables les jours d'affluence exceptionnelle ; on met alors les deux commutatrices d'une sous-station en parallèle et on peut ainsi produire 300 ou 400 kilowatts pendant tout le temps que dure le service spécial.

La charge de la sous-station de Beaulieu sera considérablement augmentée quand la ligne sera prolongée au-delà du terminus actuel ; il est probable que l'on sera amené à mettre une troisième unité.

Organisation du service. — Le réseau reste en charge à peu près sans arrêt : les premières voitures qui amènent au marché de Nice les maraîchers et leurs marchandises partent vers deux heures et demie du matin ; et les dernières rentrent après minuit. Dans l'Intervalle de minuit à deux heures du matin, le service du dépôt demande du courant ; l'arrêt complet de la station de Nice est donc exceptionnel.

La sous-station de la ligne de Cagnes marche de deux heures du matin à neuf heures du soir ; celle de Beaulieu de 7 heures du matin à 7 heures du soir seulement. Le personnel affecté à la surveillance et au nettoyage de la station centrale de Nice ne comprend par équipe qu'un électricien et un manœuvre, la station de Cagnes demande un électricien de jour et un de nuit, celle de Beaulieu ne demande qu'un seul homme.

Les jours de semaine les machines en marche sont les suivantes : *Station de Nice :* Un groupe moteur générateur de 500 kilowatts pour le réseau de trôlet avoisinant Nice, une commutatrice pour les lignes urbaines en caniveau souterrain, le survolteur de la ligne de Contes-les-Pins ; dans les *sous-stations de Beaulieu* et *de Cagnes*, un convertisseur.

Les jours fériés on met en marche les deux groupes moteurs générateurs et les deux commutatrices de la ligne de Cagnes ; à Beaulieu une seule commutatrice suffit.

Les services extraordinaires principaux sont motivés soit par les courses de chevaux qui se donnent dans l'Hippodrome du Var, à 10 km de Nice, dans la direction de Cagnes, soit par la présence dans la baie de Villefranche de l'escadre de la Méditerranée ; dans le premier cas on lance des trains formés d'une automotrice et d'une remorque, toutes les

minutes environ; dans le second on réalise une fréquence de deux à trois minutes sur le parcours accidenté de Nice à Villefranche.

Cette concentration sur une seule partie du réseau de toutes les voitures disponibles serait absolument irréalisable avec un autre mode d'alimentation que celui employé à Nice; ici elle ne présente aucune difficulté puisque les lignes se trouvent alimentées au milieu par une sous-station qui peut débiter 800 ampères et à une extrémité par la station de Nice qui peut fournir 400 ampères à l'aide de ses feeders.

Le seul reproche qu'on pourrait faire à cette installation est de faire dépendre la marche des sous-stations du bon état du feeder unique à haute tension qui les relie à la station de Nice.

En fait, en deux ans d'exploitation il ne s'est pas produit une seule avarie sur le réseau des feeders, et d'autre part l'arrêt d'une sous-station n'entraînerait pas un arrêt complet de la ligne desservie, mais seulement une réduction du nombre des voitures en service.

On peut donc dire que ce système présente autant de garanties sinon plus que tout autre mode de production du courant à 500 volts.

Pour terminer cet exposé nous donnerons ci-dessous la liste des différents constructeurs qui ont concouru à ces installations :

Travaux hydrauliques : Société des Forces Motrices des Alpes-Maritimes.

Appareils électriques des différentes usines et stations : Compagnie Française Thomson-Houston.

Ligne aérienne de transport de force : Compagnie Française Thomson-Houston.

Turbines : Escher Wyss et C°.

Chaudières de la station de Nice : Bonnet, Spazin et Cie.

Machines à vapeur : Maison Aliss Corliss.

Réseau des feeders souterrains : Société Française des Câbles Électriques.

Réseau des Tramways et Matériel roulant : Compagnie Française Thomson-Houston.

Maurice Bricard.

LA
TRACTION ET LA PROPULSION ÉLECTRIQUES SUR LES CANAUX

Bien que l'utilisation de l'énergie électrique pour la traction et la propulsion des bateaux naviguant sur les canaux n'ait pas encore pris l'extension que l'on prévoyait il y a quelques années, de nombreux essais et quelques applications durables ont été exécutés sur plusieurs canaux à trafic intense des États-Unis, de France, de Belgique et d'Allemagne. *L'Éclairage Électrique* a tenu ses lecteurs au courant de ces tentatives ; en particulier, il a publié, dès 1897, sous la signature de M. P. Dupuy, une description détaillée des installations faites à cette époque sur les canaux d'Aire et de la Deule (départements du Pas-de-Calais et du Nord), et plus récemment, en 1900, une intéressante étude de M. Desombre sur les installations exécutées sur les canaux belges, de Charleroi à Bruxelles [1].

---

[1] Essais de touage sur le canal de Saint-Denis, t. I, p. 574, 1er décembre 1894 ; Essais de traction sur le canal

Un rapport présenté au IX° Congrès international de navigation, tenu cette année à Dusseldorf, et dû à M. Léon Gérard, ingénieur électricien et administrateur délégué de la Compagnie qui exploite les installations belges, nous fournit quelques données intéressantes sur les résultats de cette exploitation ainsi que sur les résultats d'essais faits en vue de déterminer expérimentalement les efforts de démarrage et de traction. Ce sont ces données que nous nous proposons de faire connaître.

Sans revenir sur la description détaillée de l'installation, renvoyant pour cela à l'article précité de M. Desombre, rappelons-en toutefois les points caractéristiques. Sur les canaux belges dont il s'agit, les bateaux sont halés au moyen d'un véhicule tracteur roulant sur le chemin de halage et remplaçant par suite les chevaux généralement employés pour cet usage, d'où le nom de « cheval électrique » donné au véhicule ; sur une faible portion du trajet où l'emploi du tracteur ne serait pas commode, les bateaux sont remorqués par une chaloupe électrique. Les moteurs des tracteurs et des remorqueurs sont alimentés par des courants triphasés à 600 volts amenés par trois conducteurs aériens longeant la berge et par trois prises de courant constituées chacune par une roue à gorge roulant sur le conducteur correspondant et par un câble souple. La ligne est elle-même alimentée par des postes de tranformation distants d'environ 4 700 m et reliés, par une canalisation triphasée à 6 000 volts, à une usine génératrice à vapeur située à Oisquercq ; les postes de transformation alimentent également deux lignes secondaires à 600 volts distribuant l'éclairage et la force motrice dans la région avoisinant le canal. Ajoutons que dans l'installation française des canaux d'Aire et de la Deule, antérieure à l'installation belge et qui est parfois comparée à celle-ci dans le rapport de M. Léon Gérard, on emploie pour l'alimentation des tracteurs sur berge (ou des gouvernails propulseurs qui sont également utilisés) du courant continu à 500 volts fourni par deux petites usines génératrices contenant chacune 4 groupes de 50 chevaux et n'ayant d'autre fonction que d'assurer la traction électrique sur le canal.

Ces préliminaires rappelés, examinons les divers points du rapport de M. Léon Gérard :

I. Résultats d'exploitation. — Les résultats d'exploitation se rapportent aux deux systèmes de propulsion utilisés sur le canal de Charleroi à Bruxelles : la traction sur berge et le remorquage. Des données recueillies sur le premier procédé et des résultats obtenus par une série d'expériences sur la traction au moyen d'un véhicule roulant sur voie ferrée, M. L. Gérard en induit les résultats probables d'une exploitation régulière par ce troisième procédé.

1° *Traction sur berge.* — Le rendement des tracteurs, c'est-à-dire le rapport entre le travail mesuré au crochet d'attelage et le travail électrique fourni au moteur du tracteur, était, après un an de service, de 0,484 en moyenne. Ce rendement est supérieur à celui relevé sur les tracteurs, de type plus ancien, employés sur le canal de la Deule, lequel est d'environ 0,423. Il y a donc eu amélioration sous ce rapport, et cette amélioration est due uniquement à la construction, les deux types de tracteurs étant basés sur le même principe.

---

de Bourgogne, t. X, p. 212, 30 janvier 1897; Essais de traction sur le canal de Finow, t. XX, p. 384, 9 septembre 1899.

Installation des canaux d'Aire et de la Deule, par P. Dupuy, t. XII, p. 481, 11 septembre 1896; Installation du canal de Charleroi à Bruxelles, par P. Desombre, t. XXIV, p. 183.

Toueur de Bovet, t. I, p. 574, 1er décembre 1894; Tracteur aérien Milligan, t. VI, p. 326, 15 février 1896; Tracteur aérien Lamb, t. XX, p. 385, 9 septembre 1899; Tracteur sur route Galliot, t. X, p. 212; Tracteur sur route Denèfle, t. XII, p. 481; Tracteur sur route Gérard, t. XXIV, p. 192; Tracteur Kœttgen sur rails et à crémaillère, t. XX, p. 386; Gouvernail propulseur Farcot, t. I, p. 446, 17 novembre 1894; Gouvernail propulseur Denèfle, t. XXI, p. 487; Remorqueur Bowick, t. XV, p. 434, 4 juin 1898; Remorqueur Gérard, t. XIV, p. 197.

Le rendement ainsi calculé dépend évidemment du coefficient de roulement de la route sur laquelle se meut le tracteur et doit augmenter en même temps que le coefficient de roulement diminue. A ce point de vue l'installation belge se trouve dans des conditions d'infériorité sur l'installation française, car, dans celle-ci, la berge, bien entretenue, donnait un coefficient de 3,5 kg à la tonne, tandis que, dans l'installation belge, ce coefficient atteignait 7,5 kg à la tonne. De cette remarque il résulte que le rendement *organique* du tracteur belge surpasse celui du tracteur français d'une quantité plus grande que celle qu'indique la comparaison des deux chiffres précédents.

Le tableau suivant qui donne la consommation en kilowatts-heure, à l'usine, de la ligne de traction et, en regard, la circulation en bateaux-kilomètre, pour les divers mois de l'année 1901, montre d'ailleurs l'influence de l'état des routes, la consommation par bateau-kilomètre étant plus grande pendant les mois pluvieux que pendant les mois secs ; cette influence serait plus accentuée si l'on avait pu distraire de la consommation totale celle se rapportant à 2 km du canal (sur 18 km desservis par tracteurs) où l'on emploie des remorqueurs électriques.

Tableau statistique du halage en 1901.

MOIS	NOMBRE de bateaux-kilomètre remorqués électriquement	NOMBRE de kilowatts-heure efficaces au tableau de l'usine.	NOMBRE de kilowatts-heure par bateau-kilomètre
1901			
Janvier	11223	33914	3,022
Février	10442	25918	2,482
Mars	15187	46197	3,041
Avril	17028	43120	2,532
Mai	21086	52899	2,508
Juin	21099	49586	2,350
Juillet	20920	50518	2,415
Août	20157	50113	2,486
Septembre	19752	45098	2,283
Octobre	18429	41351	2,243
Novembre	16779	42053	2,506
Décembre	13726	36862	2,685
Pour l'année 1901	205828	517629	2,515

NOTA. — Fortes gelées en février, sol dur.

Il ressort du même tableau que la consommation moyenne à l'usine, par bateau-kilomètre, est de 2,515 kilowatts-heure. Cette consommation comprend nécessairement celle des parcours à vide des tracteurs, parcours qui peuvent être évalués à 20 p. 100 du parcours total.

Dans les parcours à vide à la vitesse de 4 kilomètres-heure, la puissance fournie au tracteur, mesurée aux bornes du moteur, est de 4 100 watts ; cette puissance s'élève à 4 850 watts, lorsque, à la même vitesse, le tracteur hâle un bateau de 70 tonnes.

Ce dernier chiffre indique une consommation de 1,212 kilowatt-heure par bateau-kilomètre. Si on le compare au chiffre moyen 2,515 kilowatt-heure donné plus haut, on voit que la moitié environ de l'énergie totale est consommée par la perte en ligne et dans les transformateurs, les parcours à vide, les efforts anormaux de démarrage, etc.

Le prix du kilowatt-heure fourni par l'usine centrale est évalué à 0,09 fr, le charbon rendu à la chaufferie étant estimé à 15 fr la tonne.

Les dépenses d'entretien de la surface de roulement, empierrée à l'aide d'un mélange de gravier de Quenast et de cailloux calcaires, broyés et roulés, se sont élevées dans l'année 1901 à la somme de 15 275 fr pour la main-d'œuvre, et à 18 979,33 fr pour la fourniture de la pierre, soit ensemble une dépense de 34 254,42 fr. Il résulte de ce chef une dépense de 1 903,02 fr par kilomètre et par an, la longueur exploitée par traction sur berge étant de 18 km.

L'entretien des roues des tracteurs donne lieu à une dépense assez élevée. Au bout d'un an de service, soit après un parcours d'environ 10 000 km, la jante, en acier coulé Martin, est fortement usée; après un parcours de 18 000 km cette jante a presque complètement disparue.

Les pignons en cuir dur des transmissions du moteur à l'essieu résistent à des parcours de 600 à 900 km. Les engrenages qu'ils commandent ne subissent pas d'usure appréciable. Les transmissions par chaîne Galle exigent le remplacement de la chaîne en moyenne au bout d'un parcours de 5 000 km.

L'entretien des moteurs polyphasés à 600 volts, enroulement Eckmeyer, ne donne pas lieu à des dépenses appréciables, à moins de chute ou immersion accidentelle du tracteur dans le canal; cette dernière avarie entraîne la réfection du bobinage d'environ 3 p. 100 des moteurs en service.

L'ensemble des dépenses d'entretien du matériel a été, pour l'année 1901 :

Main-d'œuvre à l'atelier	3 552,60 fr.
Main-d'œuvre sur digue	6 601,60 »
Matières premières	2 347,00 »
Total	12 500,60 fr.

Ce chiffre se rapportant à 18 km, la dépense kilométrique annuelle est donc de 694,46 francs.

2° *Traction sur rails lisses.* — Comme nous le disions au début, les résultats d'exploitation par ce procédé sont tirés, par induction, des données précédentes et de celles fournis par des essais entrepris par M. Léon Gérard, essais qui seront exposés plus loin.

La traction au moyen de véhicules roulant sur voie ferrée avait, en effet, été écartée en principe, d'après cette considération que, les efforts de démarrage étant de 800 kg et l'adhérence sur les rails de 10 à 15 p. 100 du poids du tracteur, ce poids aurait dû atteindre les valeurs inacceptables de 5 400 à 8 000 kg. Les essais ayant montré que les efforts de traction peuvent être réduits à moins de 260 kg et par suite être obtenus avec un tracteur sur rails dont le poids d'essieu moteur ne dépasse pas 1 650 kg pour une adhérence de 15 p. 100, il y a lieu dès lors d'envisager ce procédé de traction [1].

La mesure de la puissance fournie au moteur d'un tracteur du type courant dont on avait remplacé les roues à jante large par des roues à boudin du type tramway et qu'on avait placé sur rails Vignole de 0,92 m d'écartement, a montré qu'il fallait 4 000 watts pour la

[1] En fait, la traction par locomotives à vapeur sur rails lisses a été préconisée dès 1872 par le baron Floris van Loo, de Gand, à la suite d'essais faits en 1870 sur le canal de Gand à Terneuzen. Plus tard, de 1873 à 1878, Larmanjat établit ce procédé sur le canal de Bourgogne et sur celui de la Deule. Les locomotives, du poids de 10 à 15 tonnes, avaient une puissance assez considérable, de sorte que leur emploi n'était économique que lorsqu'on pouvait grouper de nombreux bateaux. Pendant la période de concurrence aiguë des chemins de fer et des canaux, l'essai de Larmanjat prit fin par suite de diverses circonstances dont les principales étaient, du reste, étrangères aux conditions techniques de l'essai.

traction d'un bateau de 70 tonnes à la vitesse de 4 km : heure. Le tracteur sur berge exigeant dans les mêmes conditions 4 850 watts et son rendement moyen étant alors 0,484, on en conclut que le rendement du même appareil sur rails est de $\frac{0,484 \times 4\,856}{4\,000} = 0,585$.

En marche à vide le tracteur sur rails ne consomme que 2 000 watts, soit la moitié de la puissance exigée dans les mêmes conditions par un tracteur sur berge.

Pour ces deux raisons la dépense d'énergie électrique nécessaire à la traction peut être considérablement réduite par l'application de tracteurs sur rails lisses. Dans le cas d'une installation de 47 km de longueur donnant lieu à un trafic de 493 720 bateaux-kilomètres. (chiffres se rapportant à la portion exploitée électriquement du canal de Charleroi à Bruxelles) la dépense d'énergie annuelle, qui serait de 124 000 kilowatts-heure avec tracteurs sur berge consommant en moyenne 2,515 kilowatts-heure par bateau-kilomètre, se trouverait abaissée à 991 000 kilowatts-heure avec l'emploi de tracteurs sur rails lisses. A raison de 0,09 fr le kilowatt-heure, l'économie réalisée serait par suite de 22 410 fr, soit 476,8 fr, par kilomètre.

A cette économie viendrait d'ailleurs s'ajouter celle résultant de la possibilité de réduire la puissance de l'usine génératrice. Suivant M. Gérard, au lieu de 270 kilowatts, il suffirait de 200 kilowatts, ce qui correspond à une diminution de 2 488 fr des dépenses d'intérêt et d'amortissement (comptées à 6,22 p. 100); par kilomètre de canal, les charges annuelles seraient donc diminuées de 52,93 fr environ.

Quant aux dépenses d'entretien du matériel roulant, on peut, d'après la pratique des tramways, l'évaluer à moins de 30 p. 100 des dépenses d'entretien des tracteurs sur berge; celles-ci ayant été trouvée égale à 694,46 fr par kilomètre, la traction sur rails lisses donnerait donc lieu à une nouvelle économie de 486,12 fr.

L'entretien de la berge, fort onéreux comme on l'a vu, serait remplacé par l'entretien de la voie; M. L. Gérard estime la dépense correspondante à 4 p. 100 de la valeur de la voie (8 000 fr le kilomètre) soit 320 fr par kilomètre; par suite nouvelle économie de 1 583,02 fr.

Le total des économies par kilomètre et par an serait donc de

$$476,80 + 52,93 + 486,12 + 1\,583,02 = 2\,598,87 \text{ fr } (^1)$$

3° *Remorquage électrique.* — Au point de vue pratique, les remorqueurs électriques qui font le service dans la traversée de la ville de Hal sur un parcours de 2 à 4 km ont donné des résultats très satisfaisants. Ces embarcations, qui peuvent donner une puissance de 12 chevaux et n'ont que 0,60 m de tirant d'eau, sont très facilement maniables et peuvent s'éloigner jusqu'à 25 m de l'axe des conducteurs d'alimentation sans que les trôlets dérapent; leur vitesse peut atteindre 10 km : heure.

Malheureusement l'emploi de l'hélice et d'un train d'engrenages fait tomber le rendement moyen à moins de 0,30. Toutefois par l'adoption d'hélices à pas progressif et divers perfectionnements de détail, le rendement a pu être augmenté en dernier lieu à 0,38.

On peut d'ailleurs prévoir qu'en augmentant le tirant d'eau le rendement serait meilleur, l'hélice pouvant avoir alors une plus grande vitesse et le train d'engrenages qui la commande dans les remorqueurs actuels pouvant être supprimé. L'emploi de bateaux-toueurs tirant sur câble ou sur chaîne permettrait d'augmenter le rendement jusqu'à 80 p. 100 et le

(1) Il conviendrait, nous semble-t-il, de faire figurer au chapitre des dépenses l'intérêt et l'amortissement du capital de premier établissement de la voie : mais l'économie resterait encore considérable.

remorquage constituerait alors une excellente solution du problème de la propulsion des chalands, mais les conditions de l'installation actuelle n'ont pas permis d'adopter cette solution.

II. Essais relatifs aux efforts de traction et de démarrage. — 1. *Mesures et calculs.* — La mesure directe des efforts de traction au moyen du dynamomètre ne peut donner des résultats très exacts à cause des battements du câble et de son obliquité par rapport au chemin parcouru par le tracteur. Aussi M. Léon Gérard a-t-il préféré employer la méthode indirecte consistant à observer la loi de ralentissement d'un bateau lancé à une vitesse initiale constante puis abandonné à lui-même.

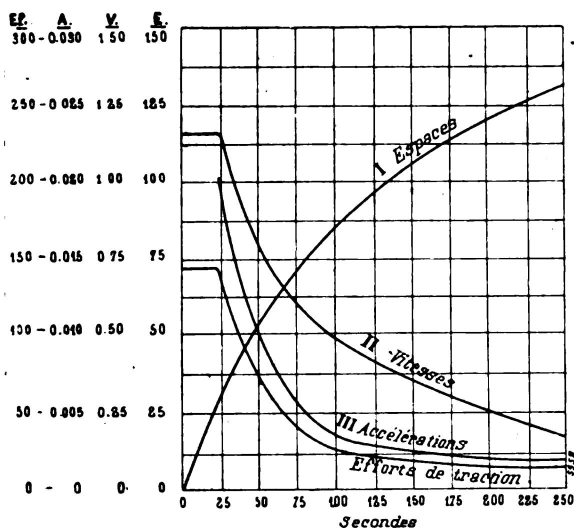


Fig. 1. — Diagrammes des efforts de traction.

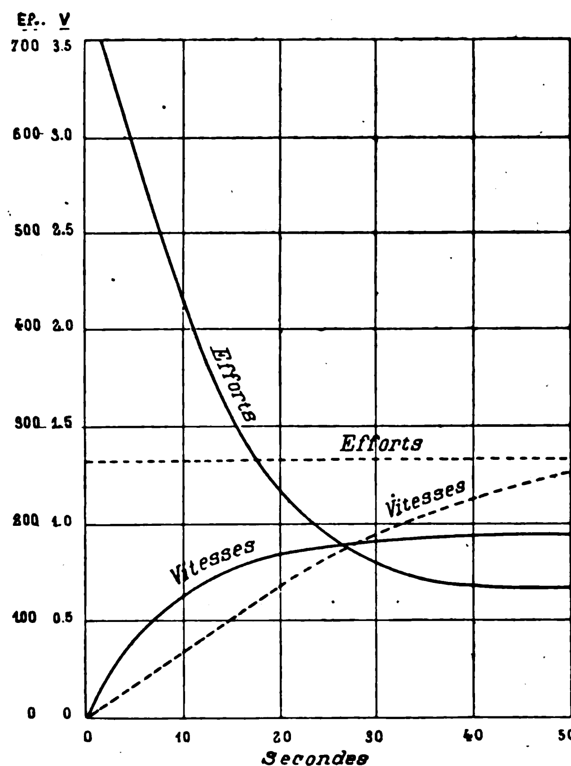


Fig. 2. — Diagrammes des efforts de démarrage.

Les résultats observés sont représentés par la courbe I de la figure 1 où les abscisses indiquent les temps, et les ordonnées les espaces parcourus par le bateau lancé à la vitesse de 4,2 km : heure et abandonné à lui-même à l'instant 25. Cette courbe $e = f(t)$ a servi à construire, par la méthode de différentiation graphique, la courbe II représentant la variation de vitesse, $v = f'(t)$. Par une opération du même genre on a obtenu la courbe III donnant la valeur de l'accélération négative en fonction du temps, soit $\gamma = f''(t)$. Enfin la courbe IV représentant la résistance qui s'oppose à chaque instant au mouvement du bateau a été déduite de la courbe III au moyen de la formule $R = \frac{P}{g}\gamma$ où $P = 70$ tonnes $= 70\,000$ kg et $g = 9{,}81$ m : sec : seconde. Les divers points de cette dernière courbe donnent évidemment les valeurs de l'effort de traction pour les valeurs correspondantes de la vitesse données par la courbe II [1].

[1] Les essais effectués ont permis de déterminer les valeurs de l'effort de traction pour des vitesses variant de 6

****

Cette courbe montre combien l'effort de traction diminue rapidement avec la vitesse. Ainsi l'effort étant de 147 kg en marche normale à la vitesse de 1,17 m : seconde (4,2 km : heure), il tombe à 75 kg pour la vitesse de 0,83 m : seconde (3 km : heure) et à 21 kg pour 0,415 m : seconde (1,5 km : heure). Ces trois valeurs de la vitesse correspondent à trois régimes de la marche du bateau : entre les vitesses 0 et 1,5 km : heure, aucun remous de l'eau, ni aucun soulèvement du bateau ne sont observés ; entre 1,5 km : heure et 3 km : heure, un courant d'eau s'établit entre les bords du canal et le bateau en sens inverse du mouvement de celui-ci ; entre 3 km : heure et 4,2 km : heure, un remous se produit en avant du bateau, une dénivellation marquée de la surface du liquide s'observe au droit de la proue, tandis qu'une surélévation des deux nappes latérales et un léger plongement à l'arrière du bateau se manifestent [1].

Voyons maintenant comment les courbes IV et II de la figure 1 permettent la détermination des efforts de démarrage.

On peut considérer que l'effort de démarrage d'un appareil haleur est composé, à un moment déterminé, de la somme des efforts nécessités : 1° pour animer le bateau d'une force vive pendant une période donnée ; 2° pour vaincre la résistance au mouvement dans le liquide correspondant à la vitesse moyenne du mobile dans ce liquide pendant cette même période de temps considérée.

Le travail pris à la ligne sera le travail pour produire l'effort de démarrage du bateau, augmenté du travail nécessaire pour animer la masse du tracteur lui-même de la vitesse moyenne dans la période considérée, plus l'accroissement temporaire du travail dû aux frottements des organes moteurs résultant de l'augmentation des pressions pendant cette période [2],

L'effort moyen F nécessaire pour augmenter la force vive du bateau de masse M pendant un temps Δt durant lequel la vitesse passe de v_1 à v_2, est donné par la relation

$$F \frac{v_2 - v_1}{2} \Delta t = M . \frac{v_2^2 - v_1^2}{2}$$

à 7 km : heure, mais on n'a représenté sur la figure 1 que les résultats relatifs aux vitesses inférieures à 4,2 km : heure, valeur adoptée par le cahier des charges comme vitesse maximum dans le canal considéré.

(1) Ces observations concordent avec celles de l'ingénieur Haack (*Schiffswiederstund und Schiffsbetrieb*. Asher et C°, Berlin 1900, et *Annales des travaux publics*, t. V, p. 350) sur le canal de Dortmund à l'Ems et aussi avec celles de M. l'ingénieur Thiele (*Centralblatt der Bauverwaltung* et *Annales des travaux publics*, t. VII p. 715).

On peut se rendre compte par l'inspection de la courbe IV de l'élévation anormale des frais de halage et partant du fret, résultant exclusivement du profil défectueux ou de l'insuffisance de section du canal donné. Cette insuffisance entraîne des majorations énormes du travail à effectuer pour la propulsion des bateaux. On peut facilement capitaliser l'excès de dépense du travail de propulsion pour conclure à l'utilité de donner aux travaux nouveaux et aux sections des dimensions convenables, sans craindre les dépenses à en résulter.

(2) Cette manière de calculer l'effort de démarrage et le travail correspondant est affectée de deux erreurs provenant, l'une, de ce que la variation de la vitesse en fonction du temps, pendant la période considérée que l'on choisit cependant suffisamment courte, n'est pas représentée exactement par une droite, l'autre, de ce que l'effort moyenne correspond pas rigoureusement à la moyenne des vitesses initiales et finales de la période considérée.

La seconde de ces erreurs est d'ordre négligeable par rapport à la première, et celle-ci est de l'ordre des centièmes pour des périodes de temps de 5 secondes, lorsque les vitesses sont d'environ 1 m par seconde au moins,

La méthode de détermination indiquée repose en définitive sur l'observation des espaces et des temps employés à les parcourir. Elle ne vaut que par la précision de ces mesures simultanées et les erreurs résultant des hypothèses faites sont négligeables au regard des erreurs probables d'observation et des erreurs dues aux causes accidentelles, telles que : 1° variations d'intensité et même de sens du courant dans la voie navigable ; 2° effets accélérateurs ou retardateurs du vent pendant les lectures. A ce point de vue et à moins de dispositions très soignées, la méthode est difficilement applicable à l'étude des efforts de traction et de démarrage à des vitesses inférieures à 0,15 m par seconde (500 m à l'heure) et aux bateaux vides. Il y a lieu d'attirer particulièrement l'attention des expérimentateurs sur les causes perturbatrices apportées à l'expérience par une manœuvre malhabile du barreur pendant le lancé du bateau à la période initiale de l'expérience, et sur la nécessité de procéder à un nombre suffisant d'essais pour déterminer des moyennes servant de base aux calculs.

d'où

$$F = M \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} \quad \text{ou} \quad F = M.\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

En y ajoutant la résistance R_m opposée par l'eau au mouvement du bateau, on a l'effort total nécessaire pour faire passer la vitesse du bateau de v_1 à v_2 :

$$F_1 = M.\frac{\Delta v}{\Delta t} + R_m \qquad (1)$$

Cette relation permet la solution pratique des deux problèmes suivants relatifs au démarrage :

a) Déterminer les efforts correspondant à un démarrage conduit par phases de durée et d'intensité arbitraires ;

b) Déterminer les temps à employer pour l'application d'un effort déterminé variable ou constant à volonté, pour faire passer successivement le bateau par des vitesses connues.

Pour résoudre ces deux problèmes il suffit de construire un tableau composé : 1° des vitesses successives v observées (voir courbe II de la figure 1) ; 2° des différences successives $v_1 - v_2$, soit les Δv ; 3° des lectures R (courbe IV) des efforts de traction correspondant aux diverses valeurs de v (courbe II) ; 4° des valeurs moyennes R_m correspondant aux efforts R au commencement ou à la fin des périodes de temps envisagées. Ces données sont toutes relevées sur les diagrammes de la figure 1.

Les diagrammes en traits pleins (fig. 2) se rapportent au cas d'un démarrage ordinaire par tracteur sur berge à grande adhérence et sans rails. La courbe des vitesses a été relevée expérimentalement, et on en a déduit, comme il vient d'être dit, la courbe des efforts de démarrage. Ces efforts atteignent au début 625 kg pour tomber rapidement à 120 kg. Un tel démarrage correspond à l'idée générale que l'on se fait des efforts nécessaires et inhérents à cette opération. Cette idée est inexacte, ou plutôt elle n'est exacte que si le démarrage est conduit d'une manière non judicieuse.

Si nous admettons que le tracteur ait 1 650 kg de poids utile sur l'essieu moteur, et qu'en raison du caractère spécial du moteur électrique, l'adhérence utile soit 0,16, cet appareil nous permettra de disposer de 264 kg pour la réaction utile à la traction.

Proposons-nous de déterminer les temps snccessifs nécessaires pour faire varier d'une même quantité la vitesse, l'effort de traction restant égal à 264 kg (2e problème). La relation (1) nous donne

$$\Delta t = \frac{M \Delta V}{F_1 - R_m},$$

ce qui dans l'exemple choisi, et pour un bateau de 70 tonnes donne

$$\Delta t = \frac{70\,000 \times \Delta v}{9{,}81\,(264 - R_m)}. \qquad (2)$$

La construction par points de la courbe $t = f(v)$ est facile une fois la série des valeurs de Δt calculée d'après la formule (2). La courbe des vitesses en traits discontinus de la figure 2 la représente.

Les deux diagrammes de cette figure 2 correspondent à des démarrages effectués en 50 secondes ; ils démontrent théoriquement : 1° la possibilité d'obtenir le démarrage sur rail lisse sans glissement, même sur rail humide, et cela sans dépasser l'effort très normal

de 264 kg à attendre d'un poids d'essieu-moteur de 1650 kg; 2° la possibilité d'obtenir en 50 secondes une vitesse de marche plus grande même que dans le démarrage sur berge.

2° *Vérifications expérimentales.* — Les essais faits en 1902 à l'usine d'Oisquercq, avec une voie de 0,92 m d'écartement, ont confirmé de manière complète les considérations théoriques découlant des expériences relatées ci-dessus ; en effet, le démarrage des bateaux soumis à l'expérience s'est fait en moyenne en 45 secondes, quoique les conditions des expériences fussent aggravées par l'emploi de câbles et de poulies de renvoi, la voie d'expérience étant à 30 m de l'axe de la voie navigable. Malgré ces conditions défavorables du champ d'expériences, celles-ci ont corroboré de manière complète les considérations mathématiques qui précèdent.

« Il résulte de ces expériences, dit M. Léon Gérard, que les économies et les facilités de service à résulter de l'emploi d'une voie à deux rails lisses sont réalisables, grâce à l'emploi de l'électricité, de la manière la plus simple, et cela en conformité des prévisions émises, dès 1872, par M. le baron Floris van Loo, le véritable promoteur de la traction mécanique des bateaux, à une époque où la locomotive à vapeur ne fournissait qu'un organe trop lourd et trop puissant pour le travail à effectuer. Au reste, l'on sait que la locomotive à vapeur est inférieure de 40 p. 100 à la locomotive électrique sous le rapport de l'utilisation du poids-mort.

» Au cours des essais expérimentaux, il a été constaté que le lavage à grande eau du rail et du boudin n'entraînait pas le patinage, et que plus de 16 p. 100 du poids moteur était disponible pour la réaction motrice. L'emploi du sable a permis de porter régulièrement l'effort initial à plus de 600 kg sans aucune difficulté à condition de procéder graduellement et sans à-coup.

» Il y a lieu de remarquer à ce sujet que les moteurs polyphasés à bagues avec résistances de démarrage convenablement graduées, se prêtent particulièrement bien et sans échauffement à un démarrage progressif. Ajoutons que la brusquerie du démarrage, brusquerie volontaire ou accidentelle, ne peut que causer des ennuis sérieux résultant du bris des remorques, des avaries de coques et aussi et surtout des pulsations très vives dans le régime de la centrale. A ces points de vue, le démarrage progressif est donc très supérieur au démarrage rapide.

» A tous points de vue, économie du courant, économie d'entretien et conditions d'exploitation, la traction sur rails lisses me paraît donc, après des expériences prolongées et personnellement conduites, préférable à la traction sur berge. »

III. — Conclusions. — M. Léon Gérard résume comme il suit les conclusions à tirer des résultats de la pratique et des essais; les trois premières se rapportent aux trois modes de propulsion envisagés dans la première partie de cet article ; la dernière est relative aux avantages que présente l'utilisation de l'usine génératrice pour la distribution de l'éclairage et de la force motrice dans la région avoisinant le canal.

» *A.* — Au point de vue de la traction sur berge, les dépenses d'exploitation à résulter de l'entretien de la route, de l'entretien du matériel et du surcroît de dépenses de force, provenant de l'imperfection de la surface de roulement d'un chemin empierré, condamnent absolument, à mon sens, la traction sur berge dans le cas de berges étroites, telles que celles du canal de Charleroi.

» *B.* — Le problème de la traction des bateaux à l'aide de locomotives légères roulant sur deux rails lisses est soluble techniquement et économiquement à l'aide des appareils expérimentés sur le canal et décrits plus loin.

» Contrairement à l'opinion que M. l'ingénieur en chef Galliot et moi-même avons émise

en 1898 au sujet de la nécessité, en cas d'emploi de rails lisses, de l'usage de locomotives lourdes pour obtenir le démarrage et sur les inconvénients à en résulter, j'ai été amené par des expériences répétées à pouvoir démontrer que le démarrage pratiqué dans des conditions bien déterminées, n'exigeait, même sur rails lisses, que des poids beaucoup moindres que ceux envisagés d'après les données classiques. Je suis donc amené à conclure que l'emploi de la crémaillère préconisée par M. l'ingénieur Köttgen, dans les essais de Finow, n'est pas utile. Je pense que ses propres expériences postérieures à 1900 sont concordantes sur ce point avec les miennes.

» *C.* — Le remorquage par bateaux à hélice a donné de bons résultats pratiques, a fourni un service régulier et satisfaisant. Son application est à envisager dans le cas d'un trafic sur canaux encombrés et de trajet sinueux.

» En vue de réduire la dépense de force motrice et d'augmenter le rendement électrique de la ligne, le remorquage par toueurs agissant sur câble ou sur chaîne (un pour chaque direction) fournit les meilleurs résultats au point de vue du rendement, lorsque le tracé du canal est suffisamment rectiligne.

» *D.* — Le développement économique des réseaux de distribution de force motrice et d'éclairage aux contrées industrielles et agricoles traversées par un canal desservi par l'électricité pour la traction, a été considérable. L'expérience démontre que l'économie de production du courant résultant du coefficient d'exploitation de la centrale a retenti favorablement sur le prix de revient et partant sur le prix de vente du courant à livrer à cette clientèle et au service de la traction Les services d'ordre général rendus par cet établissement sont notables. Il a permis de desservir des localités et des industries qui, par elles-mêmes, n'auraient pu se procurer, à moins de circonstances spéciales, l'énergie électrique utile à leur développement économique. »

J. Reyval.

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

MESURES

Observations sur le système d'unités électromagnétiques de G. Giorgi, par **Luigi Donati**: *Il Nuovo Cimento*, t. IV, p. 30, juillet 1902.

L. Donati apprécie la réforme proposée par G. Giorgi [1] pour obtenir un système rationnel d'unités électromagnétiques débarrassé du facteur π et coïncidant avec le système dit pratique d'unités électriques, les trois unités fondamentales étant le mètre, le kilogramme et la seconde; mais il fait remarquer que la question peut être présentée plus simplement [1].

[1] Giorgi. *Il Nuovo Cimento*, t. IV, p. 11, juillet 1902. *L'Elettricista* t. XI, p. 2 et 39, janvier et février 1902. — *L'Éclairage Électrique*, t. XXXII, p. 431, 20 septembre 1902.

[1] La loi de Coulomb entre masses électriques e ou magnétiques q dans un milieu homogène et isotrope s'exprime par les égalités

$$r^2 f = \frac{ee'}{\alpha} \qquad r^2 f = \frac{qq'}{\beta}$$

où α et β sont des coefficients dépendant du milieu. Posons $\alpha = \varepsilon\alpha_0$, $\beta = \mu\beta_0$, α_0 et β_0 étant les valeurs relatives au milieu normal (constantes électrique et magnétique de l'éther), ε et μ sont des rapports numériques (capacité spécifique inductive et perméabilité relatives par rapport au milieu normal pris comme terme de comparaison); les unités de e et de q dépendent respectivement de α et β, c'est-à-dire des valeurs attribuées à α_0 et à β_0.

Au point de vue moderne, les relations fondamentales sont représentées par les théorèmes de Gauss et d'Ampère, bien plus que par les lois de Coulomb et de Biot et Savart ; ils sont plus généraux, n'étant pas subordonnés aux conditions d'homogénéité.

L'induction électrique étant le produit de la force électrique par $\frac{\alpha}{4\pi}$, $\frac{\alpha}{4\pi}$ représente la mesure de l'inductivité électrique du milieu ; de même $\frac{\beta}{4\pi}$ représente la mesure de son inductivité magnétique et $\frac{\gamma}{4\pi}$ celle de l'inductivité électromagnétique égale pour tous les milieux.

En posant $x = \frac{\alpha}{4\pi}$, $\lambda = \frac{\beta}{4\pi}$, $\omega = \frac{\gamma}{4\pi}$, on a $\frac{\omega}{\sqrt{x_0 \lambda}} = v$ et on élimine 4π des relations fondamentales et par suite des équations qui en découlent.

Ceci posé, tous les systèmes dits absolus sont basés en substance sur le choix direct, ou indirect, de deux unités, l'une du groupe électrique, l'autre du groupe magnétique (l'auteur entend par indirect le choix de l'une des trois constantes ci-dessus). Dans le système de Giorgi, l'auteur a posé implicitement $\omega = 1$ ou $\gamma = 4\pi$, et il reste une unité seulement à fixer.

Des différentes relations qui existent entre les quantités électriques ou magnétiques, il résulte que le groupe des unités électriques peut être dérivé des trois unités fondamentales et d'une des unités du groupe, qui peut être l'unité de α, laquelle peut être définie au moyen de la valeur attribuée à α_0 ; de même le groupe magnétique peut dériver de l'unité de β. On a deux groupes parallèles indépendants ; pour les relier intervient une relation électromagnétique que l'on peut tirer de la loi de Biot et Savart

$$\frac{r^2 df}{dl} = \frac{qI}{\gamma} \sin(r, dl)$$

df est la force élémentaire exercée à la distance r dans un milieu isotrope et homogène sur un pôle q créé par un élément dl de courant d'intensité I ; γ représente la mesure d'une quantité physique, comme α et β, mais sa valeur est indépendante du milieu, c'est une constante universelle (constante électromagnétique). Il en résulte la relation

$$\frac{\gamma}{\sqrt{\alpha_0 \beta_0}} = v_0$$

v_0 étant la valeur critique. Par suite, fixer la valeur de γ, revient à fixer une des unités électriques ou magnétiques.

C'est du choix des deux unités en question que dépendent les dimensions vis-à-vis des trois fondamentales. On pourra fixer deux des trois constantes α_0, β_0, γ, ou fixer l'unité d'électricité ou l'une du groupe électrique et β_0 ou γ, ou fixer l'unité magnétique et α_0 ou γ, ou fixer une unité du groupe électrique et une du groupe magnétique. Le choix est parfaitement arbitraire, il est subordonné à des conditions d'opportunité ; il en est d'ailleurs de même du choix des trois unités fondamentales.

Les systèmes les plus importants employés jusqu'à ce jour comprennent les trois unités, centimètre, gramme, seconde, avec le système de Gauss et de Hertz ($\alpha_0 = 1$ et $\beta_0 = 1$) et le système électromagnétique ordinaire ($\beta_0 = 1$ et $\lambda = 1$). A ces deux systèmes, on pourrait opposer les systèmes rationnels correspondants, exempts du facteur 4π, dans le premier cas $\alpha_0 = 4\pi$ et $\beta_0 = 4\pi$ ($x_0 = 1$, $\lambda_0 = 1$, $\omega = v$) et dans le second $\beta_0 = 4\pi$, $\gamma = 4\pi$ $\left(\lambda_0 = 1, \omega = 1, x = \frac{1}{v^2}\right)$. Dans ce dernier système qui avec quelques modifications est celui de Heaviside, comme dans tous les systèmes où $\gamma = 4\pi$ ou $\omega = 1$, la force magnétomotrice associée à un courant électrique et la force électromotrice associée à un courant magnétique, sont mesurées par les mêmes nombres qui représentent respectivement les intensités de courant ; c'est-à-dire que les unités coïncident et il s'en suit que toute unité du groupe magnétique peut se ramener à une du groupe électrique et inversement ; le nombre des unités distinctes est réduit de moitié.

Le groupe des unités courantes en électrotechnie comprend celles d'électricité, d'intensité, de force électromotrice, de résistance, de capacité et d'inductance.

Il est complètement déterminé, dans un système absolu quelconque, par l'unité de travail, l'unité de temps, et une unité quelconque du groupe électrique, quels que soient d'ailleurs L et M, pourvu qu'ils donnent l'unité de travail fixée. Il en est de même dans le système pratique d'unités électriques, et l'on voit qu'il est possible de les introduire dans un système absolu, choisi à volonté parmi ceux qui donnent le joule comme unité de travail, la seconde étant l'unité de temps, et une des unités par exemple celle

d'électricité, coïncidant avec l'unité pratique correspondante, le coulomb.

C'est précisément dans le choix d'un tel système que réside l'idée heureuse de Giorgi; cherchant dans la série des multiples et sous-multiples décimaux du centimètre et du gramme, les valeurs de L et M capables de reproduire le joule, il trouve

$$L = 10^{n-2} \text{cm}$$

$$M = 10^{3-2n} \text{gm}$$

et parmi eux, les plus simples correspondent à $n = 0$, ce qui revient à prendre comme unités le mètre et le kilogramme. Ajoutant à ces unités le coulomb, tout le système est déterminé, il contient toutes les unités pratiques de sorte que sa substitution au système actuel ne présente aucune difficulté.

G. Goisot.

Convertisseur Siemens et Halske pour la mesure des courants alternatifs de grande intensité. *Elektrotechnische Rundschau*; t. XIX, p. 198, 15 juin 1902.

Pour la mesure des courants alternatifs de grande intensité, on emploie avec avantage des convertisseurs de courant dont le but est de transformer le courant en un autre proportionnel, plus faible et plus propre à la mesure. Il est pour ainsi dire impossible de mesurer directement les courants alternatifs intenses à cause de leur influence sur l'instrument de mesure. Avec l'emploi d'un transformateur, l'influence du courant

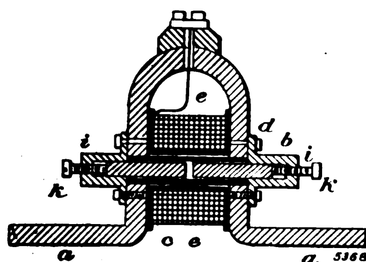


Fig. 1. — Convertisseur Siemens et Halske.

principal, placé dans le voisinage n'est pas supprimée, en outre il faut maintenir le rapport de transformation indépendant de l'intensité du courant et éviter l'influence du nombre de périodes. Ces deux dernières conditions sont en opposition; on peut néanmoins obtenir pratiquement un résultat assez satisfaisant. Mais il reste à éliminer l'influence du courant principal du transformateur, c'est ce que réalise précisément le dispositif de Siemens et Halske (fig. 1 et 2).

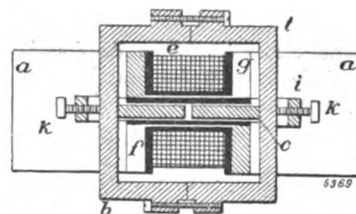


Fig. 2. — Convertisseur Siemens et Halske.

aa représente une barre de cuivre courbée en forme de U et dont la section est choisie en raison de l'intensité du courant à mesurer. Cette barre est entourée par deux pièces de fer *b* en forme de E, convenablement feuilletées et dont la partie centrale *c* traverse la barre *a* par deux trous forés. Ces deux barreaux *c* forment le noyau d'une bobine *e* placée à l'intérieur de l'U; elle représente le secondaire du transformateur et est fermée sur l'instrument de mesure. Des courants prendront naissance dans cette bobine si le noyau *c* traverse des lignes de force; ceci n'est pas le cas dans la disposition qui vient d'être décrite : par raison de symétrie les deux côtés de l'U aimantent également mais en sens contraire le noyau *c*. Pour produire le courant, on entaille suivant *f* (fig. 2) une des moitiés de la barre *aa*. L'intensité qui en résulte dépend de la profondeur de l'entaille, elle est maxima si elle va jusqu'au trou foré *d*; en produisant une entaille analogue de l'autre côté en *g*, on double l'intensité secondaire. On peut ainsi changer le rapport de transformation c'est-à-dire ajuster le transformateur, par le nombre et la profondeur des entailles. En ménageant un intervalle d'air dans le noyau *c* on obtient une plus grande constance du rapport de transformation, et en déplaçant cet intervalle à l'aide des vis *k* on peut achever d'ajuster le transformateur. G. G.

Appareil à tracer les courbes de courants alternatifs, par **R. Goldschmidt.** *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 496, 5 juin 1902.

L'appareil utilise la force électromotrice d'induction produite par le déplacement rapide d'une bobine dans le champ magnétique du courant alternatif : cette force électromotrice

est proportionnelle à la valeur instantanée du champ et par suite à l'intensité instantanée du courant, s'il y a aussi proportionnalité entre ces deux dernières grandeurs [1].

[1] Un noyau étroit en forme de double équerre A (fig. 1), formé de 5 ou 6 feuilles de tôle de 0,4 mm d'épaisseur porte sur la branche horizontale une bobine

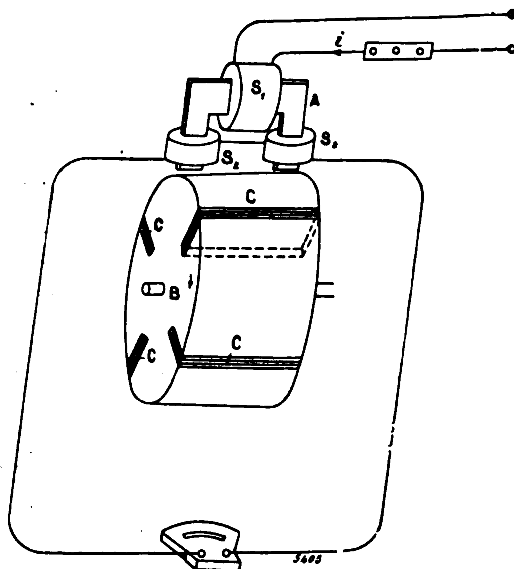


Fig. 1. — Appareil Goldschmidt pour tracer les courbes de courants alternatifs.

primaire S_1 et sur chacune des branches verticales une bobine secondaire S_2 ; les deux bobines S_2 sont réunies

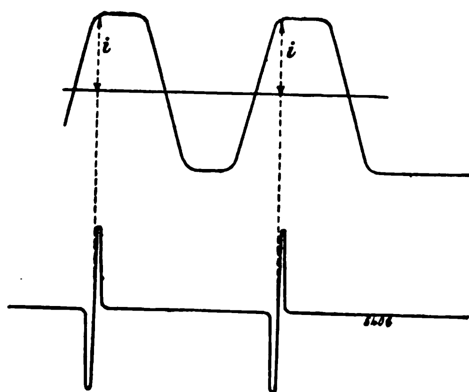


Fig. 2 a et 2 b.

en série. L'ensemble forme ainsi un petit transformateur à circuit magnétique ouvert. Devant le côté ouvert du noyau tourne un cylindre de cuivre ou de laiton B dans lequel est implantée la pièce C de fer doux qui complèterait le circuit magnétique. La rotation de ce tambour a une période égale à celle du courant, en sorte que le circuit est fermé une fois par période. Si cette fermeture se produit toujours au moment où l'intensité dans la bobine primaire S_1 a l'intensité i (fig. 2*a*), la force électromotrice induite dans la bobine secondaire S_2 est représentée par une courbe telle que celle de la fig. 2*b*. La valeur moyenne de cette force électromotrice rapportée à une demi-période est proportionnelle au maximum du flux magnétique qui traverse S_2, c'est-à-dire à i. Il en est de même de la valeur efficace de cette force électromotrice, laquelle peut être mesurée au moyen d'un appareil usuel pourvu que la sensibilité en soit suffisante. En déplaçant le transformateur d'une manière continue sur le contour du tambour, on obtient successivement les points de la courbe qui correspondent aux différentes valeurs de i.

La bobine primaire et les bobines secondaires ayant un noyau commun, la première agit directement sur les autres. On compense la force électromotrice qui en résulte par celle d'un petit transformateur auxiliaire fixe.

En raison de la largeur finie des pièces de fer doux insérées dans le tambour, on n'obtient au lieu du zéro de la force électromotrice qu'un certain minimum e_0. Ceci n'a pas d'inconvénient et on peut du reste annuler e_0 en superposant au courant alternatif un courant continu tel que la résultante soit un courant ondulé, qui ne s'annule plus.

M. L.

DIVERS

Capacité de polarisation du palladium, par **M. Wien**. *Drude's Annalen*, t. VIII, p. 372-387, juin 1902 [1].

La théorie de Warburg rend compte d'une manière satisfaisante des phénomènes de polarisation sauf en quelques points de détail ; en particulier, elle conduit à cette conséquence que la différence de phase doit être proportionnelle à l'inverse de la racine carrée de la fréquence, tandis que les expériences de Wien montrent qu'elle en est indépendante [2].

[1] Cf. Wien. *Ecl. Elect.* t. IX, p. 459, oct. 1896. Kohlrausch, *Ibid.*, t. XI, p. 600, juin 1897. Warburg, *Ibid.*, t. XIX, p. 351, juin 1899. Else Neumann, *Ibid.*, t. XIX, p. 351.

[2] Soient : C la capacité de polarisation, ψ la différence de phase, n le nombre de périodes du courant alternatif en 2π secondes, k_1 une constante indépendante de la diffusion et de l'absorption dans le métal et l'électrolyte, e la force électromotrice de polarisation, γ la densité cubique, Γ la densité superficielle de l'hydrogène, $\mu = \frac{d\Gamma}{d\gamma}$, Ag

Pour cette raison, M. Wien a soumis la théorie à une nouvelle épreuve expérimentale, en faisant varier davantage la fréquence et en prenant comme électrodes du palladium. La méthode de mesure était identique à celle qui a été décrite précédemment : la capacité de polarisation est compensée par une self-induction et l'accroissement de résistance Δr mesuré dans un réseau de Wheatstone.

---

l'équivalent électrochimique de l'argent, H celui de l'hydrogène ; on a :

$$\text{tang}\,\psi = \frac{1}{1+\mu\sqrt{\frac{2n}{k_1}}}$$

$$C = \frac{107.9}{\text{Ag.H}} \frac{\sqrt{\frac{k_1}{2\mu}}}{\left(\frac{de}{d\gamma}\right)_{\gamma=\gamma}\sin\psi}$$

Il y a deux cas limites à distinguer :

1° $\frac{\mu}{\sqrt{\frac{2n}{k_1}}}$ est infiniment grand vis-à-vis de 1 ; alors

$$\text{tang}\,\psi = \frac{1}{\mu\sqrt{\frac{2n}{k_1}}}$$

est infiniment petit et à confondre avec $\sin\psi$,

$$C = \frac{\mu . 107.9}{\left(\frac{de}{d\gamma}\right)_{\gamma=\gamma_0}\text{Ag.H}}$$

et la capacité de polarisation est indépendante de la fréquence.

2° Si $\frac{\mu}{\sqrt{\frac{2n}{k_1}}}$ est infiniment petit vis-à-vis de 1.

$$\text{tang}\,\psi = 1 \qquad \psi = \frac{\pi}{4} \qquad \sin\psi = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$C_1 = \sqrt{\frac{k_1}{n}} \frac{107.9}{\left(\frac{de}{d\gamma}\right)_{\gamma=\gamma_0}\text{Ag.H}}$$

Dans ce deuxième cas limite, la différence de phase est constante et égale à $\frac{\pi}{4}$ et la capacité proportionnelle à la racine carrée de la fréquence.

Les électrodes de palladium poli se comportent comme celles de platine poli : la différence de phase est faible et sensiblement indépendante de la fréquence.

D'après ce résultat, il ne semble pas que l'absorption du gaz joue un grand rôle dans le phénomène, puisque le platine n'absorbe que peu d'hydrogène tandis que le palladium en absorbe de très grandes quantités.

Parmi les causes qu'on peut invoquer pour expliquer cette perte d'énergie, il faut signaler : l'existence d'une couche superficielle médiocrement conductrice : la production de phénomènes thermiques, qui ne seraient pas réversibles en toute rigueur : des courants locaux, enfin la variation de résistance produite par des variations périodiques de la concentration.

Lorsqu'on sature l'électrode d'hydrogène, sa capacité de polarisation devient environ quadruple et la différence de phase croît en même temps. En faisant ensuite bouillir l'électrode, on diminue Δr et ψ sans que C éprouve de variation notable.

Les phénomènes sont les mêmes avec le platine : mais l'effet de la saturation disparaît plus rapidement.

En portant le fil de palladium à l'incandescence dans un bec Bunsen, on provoque une forte augmentation de la capacité : en répétant l'opération, on finit par atteindre un maximum de 500 microfarads environ par centimètre carré, lequel décroît rapidement. La seule différence qu'on observe entre le métal ainsi chauffé et le métal poli est une augmentation de capacité due à l'augmentation de surface : le métal est en effet devenu poreux.

La saturation par l'hydrogène agit sur ces électrodes comme sur les électrodes polies.

En platinant les électrodes, on augmente de beaucoup la capacité, surtout en prolongeant l'opération, et en utilisant le métal immédiatement. L'addition d'acétate de plomb au bain de platine exagère encore cette augmentation.

Les électrodes en palladium recouvertes de noir de palladium par électrolyse dans une dissolution de chlorure de palladium additionnée d'acétate de plomb, ont une capacité de polarisation beaucoup plus grande que celle du platine traité d'une manière analogue : la différence de phase est aussi plus grande. La capacité varie

d'autant plus avec la fréquence que cette différence est plus grande. Quand ψ est voisin de $\frac{\pi}{4}$, C_1 est à peu près proportionnel à $\frac{1}{\sqrt{n}}$ comme pour les électrodes impolarisables.

Les propriétés du palladium recouvert de noir dans une dissolution de chlorure sans acétate de plomb sont toutes spéciales. Si on utilise les électrodes immédiatement après leur préparation, la préparation, la self-induction de compensation est nulle : mais les variations de résistance sont notables. Puis la capacité décroît rapidement : elle est à peu près en raison inverse de la fréquence et ψ tend vers $\frac{\pi}{2}$. L'effet de la polarisation est alors à peu près le même pour un courant de basse fréquence et pour un courant continu : une augmentation de résistance et une petite force contre-électromotrice croissant avec la fréquence [1]. M. L.

Sur les actinomètres électrochimiques, par **H. Rigollot**.

Dans le numéro du 11 octobre, *L'Éclairage Électrique* publiait (p. xx du *Supplément*) une courte note intitulée « Pile sensible à la lumière », où se trouvaient décrites d'intéressantes expériences de M. Franz Hirschson.

M. H. Rigollot nous écrit à ce propos qu'en 1897 il a publié dans les *Annales de l'Université de Lyon* le résultat de nombreuses expériences sur ce sujet sous le titre « Recherches expérimentales sur quelques actinomètres électrochimiques » et que dès les premières pages de ce travail se trouvent décrites les expériences que publiait récemment M. Hirschson.

Nous rappellerons aussi qu'une courte analyse du travail auquel se refère M. Rigollot a paru dans *L'Éclairage électrique* du 23 octobre 1897 (t. XIII, p. 184).

SOCIÉTÉS SAVANTES ET TECHNIQUES

BRITISH ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE

CONGRÈS DE BELFAST

10-17 septembre 1902.

La 72e réunion annuelle de la *British Association for the Advancement of Science* a eu lieu à Belfast le 10 septembre. Le président sortant, sir Arthur Rücker, présenta son successeur, M. James Dewar, professeur de chimie à la Royal Institution, qui prononça son adresse inaugurale. Le sujet choisi par le nouveau président était l'étude des basses températures. Les parties de son discours qui se rapportent aux phénomènes électriques ont été résumées ci-dessous.

Adresse inaugurale du Président **James Dewar**.

Dans la première partie de son discours, l'orateur retrace depuis ses origines l'histoire de la production artificielle des basses températures. Il étudie ensuite leurs effets sur les propriétés des corps, en particulier sur leurs propriétés électriques.

Une série d'expériences sur les métaux purs a montré que leur résistance électrique décroît graduellement à mesure que s'abaisse leur température, dans un rapport tel qu'on a pu considérer comme probable qu'au zéro absolu leur résistance serait complètement nulle. C'était du moins l'idée à laquelle conduisaient les observations faites à l'aide de l'air liquide et d'autres

[1] On peut expliquer ces résultats de la manière suivante : la diffusion des produits de l'électrolyse est si rapide qu'il en reste seulement une quantité proportionnelle à l'intensité instantanée du courant : la force électromotrice est alors petite et proportionnelle aussi à cette intensité : comme la diffusion est proportionnelle au temps, la quantité de gaz ne peut atteindre son maximum en même temps que l'intensité du courant, d'où la différence de phase. Dans ce cas, la diffusion ne peut donc se faire comme le suppose la théorie de Warburg.

Quant à l'effet de la saturation, il n'est guère non plus en accord avec cette théorie : car il est peu probable que la diffusion de l'hydrogène soit plus rapide quand l'électrode est saturée. Il serait plus naturel d'admettre que l'hydrogène dégagé en petite quantité à la cathode ne modifie plus la polarisation d'une manière appréciable : tandis que l'oxygène dégagé à l'anode ne peut se recombiner immédiatement à l'hydrogène.

réfrigérants moins énergiques. Mais l'emploi d'un réfrigérant plus puissant, l'hydrogène liquide, a montré la nécessité de reviser cette conclusion. On a constaté en effet qu'aux températures voisines de — 250° C., la résistance électrique du platine n'était pas diminuée par le froid dans la même proportion qu'aux environs de — 200° C. Il n'y a donc plus aucune raison de supposer qu'au zéro absolu le platine serait parfait conducteur de l'électricité. Lord Kelvin prévoit la découverte possible de propriétés électriques plus remarquables dans les métaux soumis à des températures voisines du zéro. Une étude théorique sur la relation des « électrons » et des atomes l'a conduit à l'hypothèse d'un métal ayant les propriétés suivantes : au-dessous de 1° absolu, il est un isolant parfait ; à 2° il possède une conductivité appréciable ; à 6° une haute conductivité.

Après un exposé des connaissances actuelles sur la composition et la température des couches supérieures de l'atmosphère, l'auteur traite le sujet des aurores boréales. Il est depuis longtemps reconnu que ces phénomènes sont dus à des décharges électriques qui se produisent dans les hautes régions de l'atmosphère. Les particularités de leur spectre, très différent de celui qu'on obtient artificiellement en faisant passer des décharges électriques à travers des gaz raréfiés, ont fait l'objet de nombreuses recherches. Grâce aux travaux de M. Stassano, du professeur Liveing et de l'auteur, on a pu identifier les deux tiers des rayons de ces spectres avec ceux que donnent les gaz les plus volatils de l'atmosphère terrestre. Les autres rayons doivent probablement être attribués à l'argon, au krypton et au xénon.

On peut maintenant se demander quelle est la cause de ces décharges électriques qui produisent les aurores boréales. La théorie d'Arrhénius, déjà citée ici (*L'Éclairage Électrique*, t. XXXII, p. 437, note) paraît très satisfaisante à l'auteur comme réponse à cette question.

L'auteur termine en exposant les résultats de travaux exécutés par le professeur Fleming et lui sur les sujets suivants : propriétés thermo-électriques des métaux purs, propriétés magnétiques du fer et de l'acier, pouvoirs inducteurs spécifiques, constantes électriques et magnétiques de l'oxygène liquide, susceptibilité magnétique.

L'étude des pouvoirs inducteurs spécifiques aux basses températures a amené la découverte de quelques faits intéressants. D'après une déduction fondamentale de la théorie de Maxwell, la racine carrée de l'indice de réfraction d'un corps devrait avoir la même valeur numérique que son pouvoir inducteur spécifique. Mais les corps faisant exception à cette règle sont beaucoup plus nombreux que ceux qui la suivent. Des expériences portant sur un grand nombre de corps ont montré cependant que si l'on accroît la fréquence de la force électromotrice alternative appliquée, la valeur du pouvoir inducteur spécifique, trop grande d'abord, est réduite à un chiffre très voisin de celui qu'indique la loi de Maxwell. On a constaté aussi que les basses températures ont le même effet que les hautes fréquences. Ainsi la mesure exacte du pouvoir inducteur spécifique de l'oxygène liquide et de sa perméabilité magnétique, combinée avec la détermination de son indice de réfraction, a montré que l'oxygène liquide obéit rigoureusement à la loi électro-optique de Maxwell, même à des fréquences électriques très basses.

Le principal résultat des recherches magnétiques a été de faire acquérir la preuve que la susceptibilité magnétique varie en raison inverse de la température absolue. Le diamagnétisme du bismuth s'accroît aux basses températures. Le moment magnétique d'un aimant d'acier croît momentanément dans l'air liquide, mais jusqu'à une certaine limite seulement, car en refroidissant l'aimant dans l'hydrogène liquide on ne vit guère de changement. L'étude des relations thermo-électriques des métaux purs aux basses températures a abouti à une extension considérable du diagramme bien connu de Tait.

La suppression des fumées par le procédé Wilson, par **John S. Raworth**.

Le système Wilson pour la suppression des fumées consiste à injecter dans le foyer un mélange d'air et de solution de nitrate de soude. L'auteur l'a expérimenté sur une chaudière Babcock à Kidderminster : la fumée, qui était abondante, a disparu. Selon l'auteur, le rôle du nitrate de soude serait de créer des centres de chaleur intense où les gaz s'enflamment et se combinent à l'air injecté. Le défaut commun des systèmes fumivores est de diminuer le débit

de la chaudière et son rendement thermique, parce qu'ils obligent à insuffler dans le foyer plus d'air qu'il n'en faut pour la combustion. Aussi M. Raworth a-t-il voulu étudier l'influence du procédé Wilson sous ce rapport; il a chargé M. Wall Wilkinson de déterminer par une série d'essais :

a) Le débit et le rendement dans les conditions ordinaires ;

b) Le débit et le rendement avec insufflation d'air seulement ;

c) Le débit et le rendement avec le procédé Wilson.

Le rapport de M. Wilkinson, joint à la communication, donne les résultats de ces essais : on peut voir que si le rendement dans les conditions ordinaires est mesuré par 100, on obtient 108 avec l'injection d'air et 122 avec le procédé Wilson. A la suite de ces essais, l'ingénieur de l'usine fit munir toutes ses chaudières du système Wilson. L'auteur a d'ailleurs connu d'autres applications non moins heureuses du même procédé : c'est aussi grâce au système Wilson que la Compagnie d'éclairage électrique de Windermere, ayant réussi à faire disparaître complètement les fumées de son usine génératrice, a obtenu le retrait d'une plainte en dommages-intérêts déposée contre elle.

Le procédé Wilson est simple et peu coûteux ; la quantité de nitrate de soude à injecter est très faible et ne revient qu'à 0,30 fr à 0,40 fr par tonne de charbon brûlé.

***La combustion sans fumée des charbons bitumineux*, par W.-H. Booth.**

L'expérience classique qui consiste à éteindre la flamme d'une bougie en l'entourant d'une toile métallique sert à montrer que la combustion ne peut s'opérer qu'à une température suffisamment élevée. Ce principe élémentaire est entièrement méconnu par les constructeurs des chaudières modernes.

Certains combustibles brûlent « sur place » ; ils ne donnent pas de flamme. Exposés à l'air, ils se désagrègent et la surface en devient incandescente. Tels sont le bois, le charbon de bois, le coke, l'anthracite. En raison de ce mode de combustion, ils peuvent brûler immédiatement au-dessous de surfaces absorbant la chaleur.

Avec les combustibles connus sous le nom de charbons bitumineux, qui contiennent des carbures d'hydrogène, le problème industriel est plus difficile. On observe deux phases dans leur combustion : d'abord les carbures, qui sont volatils, sont distillés par la chaleur du charbon déjà partiellement consumé ; ils brûlent avec une flamme plus ou moins longue, s'ils sont portés à une température assez élevée et mêlés d'oygène en proportion convenable. Après l'évaporation des carbures, qui a absorbé beaucoup de chaleur, le carbone solide s'échauffe et se trouve bientôt à la température de combustion. Il se comporte alors comme les combustibles cités plus haut. Reste à examiner ce que deviennent les carbures. Certains charbons du pays de Galles brûlent avec une flamme courte, parce qu'il suffit de peu d'espace pour consumer leurs carbures. Donc, même si la chaudière est rapprochée de la surface du brasier, ces charbons pourront brûler sans fumée. Mais les carbures produits par les charbons à longue flamme exigent un espace beaucoup plus grand pour se consumer, à cause de leur plus grand volume ou de leur composition particulière ; de plus, les surfaces environnantes doivent être de nature à ne pas absorber de chaleur, pour que la combustion des gaz se fasse complètement. S'il n'y a qu'un refroidissement modéré, la flamme s'allongera beaucoup ; si le refroidissement est rapide, comme dans le cas où les gaz passent directement du foyer entre les tubes d'eau, la flamme s'éteindra. Si enfin il ne se trouve dans le voisinage du foyer aucune surface absorbant la chaleur, la combustion sera rapide et la longueur de flamme réduite. Il paraît probable qu'un quart seulement de la chaleur totale du foyer se dégage à la grille et les trois autres quarts sur le trajet des gaz en combustion. Si dans ce trajet la température s'abaisse au-dessous du degré convenable, il y aura fumée et perte de chaleur.

Cette condition est en général très mal observée, comme le montre l'auteur, dans la construction des divers types de chaudières. Dans la chaudière Lancashire, la voûte du foyer est refroidie par l'eau. Un revêtement intérieur de brique donnerait de bons résultats, mais il réduirait d'autant le diamètre du foyer, ce qui rend ce perfectionnement difficile à réaliser. — La chaudière à tubes d'eau, sous sa forme ordinaire, est placée immédiatement au-dessus de la grille : les gaz de la combustion s'élèvent

verticalement et se trouvent aussitôt entre les tubes, dont le refroidissement éteint la flamme. Aussi la fumée est-elle inévitable même avec du tirage et une proportion d'air convenable. Il est cependant facile, avec ce type de chaudière, d'adopter un mode de construction qui supprime entièrement les fumées. On recouvre la grille d'une voûte en brique occupant la place de la rangée inférieure de tubes; la chaudière elle-même étant placée 1,20 m plus haut que sa position ordinaire. Les produits gazeux, après avoir parcouru toute la longueur du foyer, repassent en sens inverse sous une seconde voûte faisant corps avec la paroi du fond. On forme ainsi une vaste chambre de combustion entièrement entourée de briques, d'où les gaz, maintenant parfaitement brûlés, s'échappent pour passer entre les tubes d'eau. On peut, de la sorte, supprimer la fumée dans les chaudières à tubes d'eau, plus facilement que dans les chaudières Lancashire. — Dans la chaudière à petits éléments, on trouve encore une vaste surface de grille d'où les gaz s'élèvent directement entre les tubes. La fumée est inévitable, car il n'y a ni mélange des gaz, ni maintien de la température au degré nécessaire pour permettre à la combustion de s'effectuer complètement.

En un mot, la cause unique de l'inconvénient des fumées est la construction défectueuse des chaudières. Le mélange des gaz à brûler avec l'air, une température suffisamment élevée et un espace assez grand pour obtenir une combustion complète paraissent être les conditions essentielles. Si elles sont remplies, la fumée disparaîtra certainement.

***La chaudière Solignac*, par W. H. Booth.**

Les types de chaudières actuellement employés dans la marine anglaise n'ayant pas donné entière satisfaction, l'attention a été attirée sur le problème de la circulation dans les chaudières à tubes d'eau et fait ressortir l'intérêt qu'il y a à éviter l'obstruction des tubes. Dans la chaudière Belleville, l'inclinaison des tubes est très légère, leur longueur est d'environ 30 mètres et ils présentent un grand nombre de coudes à angle droit qui opposent une forte résistance à la circulation.

L'auteur, ayant récemment essayé une chaudière Solignac [1], a obtenu des chiffres très instructifs. L'appareil était muni d'un petit dôme de vapeur qu'on maintenait à demi plein d'eau. La partie inférieure de ce dôme communique avec un réservoir plat d'où sortent 113 petits tubes d'environ 25 mm de diamètre intérieur. Longs de 1,20 m environ, ils se replient sur eux-mêmes en forme de V arrondi et aboutissent à un second réservoir fixé à la partie supérieure du dôme, ils se déchargent donc au-dessus du niveau de l'eau dans celui-ci. Chaque tube se termine à sa partie inférieure par un bec en bronze de 6 mm d'ouverture ; les ouvertures qui font communiquer le dôme de vapeur avec les trois divisions du réservoir inférieur sont de faible largeur. Comme il passait pendant les essais 2,25 litres d'eau par minute dans chaque tube, l'écoulement à travers les becs doit avoir été très rapide. Aucun excès de chauffe n'ayant été constaté, il est certain, néanmoins, que le débit des becs était suffisant.

Le but visé est de fournir à la chaudière une quantité d'eau qui ne soit pas beaucoup plus grande que celle vaporisée dans les tubes : de la sorte, la vapeur n'entraîne qu'une faible quantité d'eau. La fixité du niveau de l'eau dans le manomètre témoigne de la régularité avec laquelle s'opère la circulation. On sait que la circulation rapide de l'eau ou de la vapeur au-dessous de la surface de chauffe est favorable au rendement. Dans la chaudière essayée, la proportion de la surface de chauffe à celle de la grille est seulement 37 à 1 ; elle donne cependant un rendement d'absorption de chaleur de plus de 60 p. 100, avec une consommation de 173 kg de charbon par m² de grille, obtenu avec un tirage de 25 mm de hauteur d'eau seulement. Ce générateur, alimenté à l'eau chaude, fournira, avec 1,1 m² de surface de grille, au moins 1 800 kg de vapeur sèche par heure ; on n'a constaté dans ces conditions aucun entraînement d'eau.

La petite chaudière essayée a une surface d'encombrement de 3 m² seulement. Si la vapeur produite était utilisée par une bonne machine compound fonctionnant à charge constante, on obtiendrait une puissance de 250 che-

[1] Pour la description, voir *Écl. Élec.*, t. XXIV, p. 156, 4 août 1900.

vaux indiqués. La chaudière pourrait donc au besoin fournir une puissance de 90 chevaux par mètre carré d'encombrement. Ce débit extrêmement élevé et aussi la faible contenance en eau de la chaudière la rendent particulièrement propre à supporter la subite augmentation de charge que produisent les brouillards dans les stations centrales d'éclairage ; on l'emploierait aussi avec avantage, dans ces usines, pour les courtes périodes de forte charge qui se produisent chaque soir.

Le primage, dû à l'entraînement de pellicules liquides par les bulles de vapeur qui se dégagent de la surface, ne se produit pas dans la chaudière Solignac, où l'eau de circulation se déverse au-dessus du niveau de l'eau dans le dôme, de façon à se séparer de la vapeur au-dessus de ce niveau. L'eau contenue dans le dôme n'entre pas en ébullition, sauf dans le cas où la pression tomberait rapidement. L'inventeur, mort récemment, soutenait qu'un tube qui vaporise 10 kg d'eau par unité de longueur est moins refroidi par l'eau qu'un tube qui en vaporise 20 kg, la circulation étant plus rapide dans ce dernier. Il a construit son appareil avec trois principes en vue :

1° L'adaptation de diaphragmes à petites perforations pour éviter l'obstruction des tubes par l'eau.

2° Le nettoyage par refoulement de la vapeur, qu'on effectue en fermant les robinets du tuyau de retour d'eau et en ouvrant les robinets de purge inférieurs.

	20 JUIN	21 JUIN
Tirage (en hauteur d'eau) . . mm	18	25
Pression dans la chaudière. . kg	10	9,6
Température d'alimentation. deg. C	17,5	19
Poids de charbon par heure. . kg	155	191
Surface de grille. . . . . . . m²	1,11	1,11
Poids de charbon par m² de surf. de grille et par heure . . . kg	14	17,2
Eau vaporisée par kg de combustible au-dessus de 100°. kg	4,7	4,87
Surface de chauffe. . . . . . m²	41,5	41,5
Eau vaporisée au-dessus de 100° par m² de surf. de chauffe et par heure. . . . . kg	57,5	74
Eau vaporisée au-dessus de 100° par m² d'encombrement et par heure. . . . . kg	67,5	86,6

3° Le faisceau de tubes et le dôme de vapeur sont facilement amovibles.

La table ci-dessus indique les traits principaux de deux des essais. On remarquera la grande quantité d'eau vaporisée par mètre carré d'encombrement, c'est un des caractères les plus précieux de ce générateur. Il n'y a naturellement qu'une faible réserve de chaleur dans la petite quantité d'eau que contient le dôme et c'est par la modification du tirage qu'on fera face aux variations de la consommation de vapeur. Il se produit peu de fumée, la hauteur comprise entre la grille et les tubes étant suffisante.

D'autres essais, effectués par la Vulcan Insurance C°, ont donné des résultats semblables à ceux de l'auteur. Ils ont indiqué un rendement de 62 p. 100.

L'exploitation du téléphone dans le Royaume-Uni, par **J.-E. Kingsbury.**

L'auteur expose le régime auquel sont soumises en Angleterre les entreprises téléphoniques : elles reçoivent de l'Etat des concessions d'une durée de 31 ans, à charge de verser au Trésor public 10 p. 100 des recettes brutes. L'administration, dans le but de favoriser la concurrence, accorde souvent des concessions à plusieurs compagnies rivales et, selon le droit qu'elle s'est réservé, entre parfois elle-même en compétition. Remarquant que presque partout les compagnies concurrentes ont fusionné, l'auteur déclare que la raison de ce fait n'a jamais été saisie par le public et il se propose de l'expliquer.

Supposons qu'entre Londres et Liverpool il existe deux lignes de chemin de fer appartenant à deux Compagnies concurrentes, l'une de ces lignes reliant Londres à une moitié de Liverpool, l'autre à l'autre moitié, et que la communication entre les deux moitiés de la ville soit impossible pour les voyageurs qui n'auraient pas pris un billet sur chacune des deux lignes. Cette situation absurde est exactement celle que crée la concurrence entre les Compagnies de téléphones. Les exemples de Dundee, de Sheffield, de Manchester, où s'étaient fondées des Compagnies locales qui furent absorbées par une plus importante, la National Telephone C°, montrent d'ailleurs que cette concurrence est préjudiciable au public. Nous reproduisons en note (1)

(1) La compagnie locale formée à Manchester était la

les chiffres se rapportant à Manchester, cités par l'auteur. On y remarque, il est vrai, que le droit d'abonnement après la fusion est de 250 fr. tandis qu'auparavant une des deux Compagnies concurrentes n'exigeait que 6 fr et les partisans de la concurrence s'appuient sur ce fait pour soutenir que la fusion s'est faite aux dépens du public. Mais, à ce propos, l'auteur proteste contre le préjugé d'après lequel tout nouvel abonnement, dans le système à tarif fixe, est un gain pour la Compagnie. Chaque nouvel abonné ajoute aux dépenses d'exploitation, d'abord par les communications qu'il fait lui-même, ensuite par l'accroissement de communications qu'il occasionne chez les autres. C'est pourquoi, si le modèle du matériel employé reste le même, les frais d'installation et d'exploitation croissent plus vite que le nombre des abonnés. Si les frais d'exploitation ne sont pas aujourd'hui beaucoup plus élevés qu'aux premiers temps de la téléphonie, c'est que le matériel n'est pas le même. Des appareils perfectionnés, des modifications aux installations primitives ont rendu le travail plus économique. Mais toutes ces améliorations ont coûté cher et c'est pourquoi il importe, quand on évalue le prix de revient d'un service téléphonique, de tenir compte de la dépréciation. Le chiffre le plus généralement adopté est 10 p. 100.

La concurrence entre Compagnies privées ayant cessé, sans que le public eût compris la signification des fusions successives dont il avait été témoin, un acte de 1899 autorisa les municipalités à entreprendre l'établissement de réseaux téléphoniques. Deux municipalités, celles de Glasgow et de Tunbridge Wells, ont profité de cette autorisation, et les résultats déjà constatés se reproduisent. Dans chacune de ces villes, les deux réseaux ont des abonnés communs, payant deux taxes d'abonnement. Nous reproduisons en note (1) quelques chiffres se rapportant au téléphone municipal de Glasgow. A Londres, au contraire, grâce aux excellentes mesures prises par le Postmaster-General, chaque abonné du réseau du Post-Office est en communication avec les 40 000 abonnés du réseau précédemment existant. Il est d'ailleurs indispensable que chaque réseau téléphonique soit relié à ceux qui l'entourent ; or, il suffira d'une rivalité, d'une divergence de vues entre deux municipalités voisines pour empêcher l'intercommunication de s'établir.

On prétend quelquefois que la concurrence est nécessaire pour accroître le nombre des abonnés : l'auteur cite en réponse l'exemple de New-York où, en l'absence de toute concurrence, cet accroissement a pris des proportions phénoménales. Il y avait à New-York, le 1er janvier 1894, environ 10 000 postes téléphoniques. Le 1er janvier 1902, sur une partie seulement du territoire auquel se rapporte le chiffre précédent, il y en avait 72 000.

Une comparaison instructive est celle des dépenses faites pour la construction de nouvelles lignes et le renouvellement du matériel des anciennes, en Angleterre et aux Etats-Unis, pendant les cinq dernières années. Elle est résumée dans le tableau ci-dessous :

	National Telephone Company.	Filiales de l'American Bell Telephone Company
1897.	11 500 000 fr	24 300 000 fr
1898.	17 000 000	37 000 000
1899.	18 500 000	80 000 000
1900.	21 000 000	109 500 000
1901.	13 400 000	110 000 000

Mutual Telephone C°, qui fut achetée par la National Company. A l'époque de la fusion, 492 des 1349 abonnés de la Mutual C° étaient aussi abonnés à la Nationale C°. Le rapport du droit d'abonnement au nombre des abonnés, c'est-à-dire le prix de la possibilité de communication avec chaque autre abonné, était de 0,132 fr par personne et par an. Par l'effet de la fusion il fut réduit à 0,0567 fr. Le total des droits payés par le public de Manchester avant et après la fusion est indiqué approximativement par le tableau ci-dessous :

Avant la fusion	National. .	3 374	à 250 fr	845 000
»	Mutual . .	1 349	à 186 »	250 000
		4 723		1 095 000
Après la fusion :				
	Total des abonnés :	4 723		
	A déduire :	492		
		4 231	à 250 fr	1 060 000

(1) Le premier rapport annuel de la Commission téléphonique du Conseil municipal de Glasgow montre que l'établissement d'un réseau reliant 5 494 postes a coûté 4 800 000 fr. « Les postes, dit le rapport, appartiennent à 4 697 abonnés, dont 2 059 n'avaient jamais été abonnés au téléphone auparavant. » Ceci signifie que tous les autres abonnés du téléphone municipal sont également clients de la Compagnie privée. La fraction de capital dépensée par abonné, si l'on ne tient compte que des lignes en service et non de celles posées d'avance en vue de

On constate qu'aux États-Unis le chiffre des dépenses croît tous les ans. En Angleterre, les dépenses ont augmenté jusqu'en 1900 et diminué en 1901. L'auteur trouve la raison de cette différence dans le fait qu'aux Etats-Unis les Compagnies de téléphones n'ont pas de limite à leur existence, tandis que les droits de la Compagnie anglaise seront périmés en 1911 : elle hésite naturellement à immobiliser de nouveaux capitaux pour la courte période d'exploitation qui lui reste.

Ainsi, conclut l'auteur, il est facile de prévoir que la concurrence organisée par les municipalités devra disparaître, comme a disparu déjà la concurrence entre compagnies privées. Les désavantages de ce système, qui a fort entravé jusqu'ici le développement du téléphone dans le Royaume-Uni, ne peuvent manquer d'apparaître bientôt aux yeux du public. L'avenir affranchira le téléphone de la concurrence et des gaspillages qui en résultent.

(*A suivre.*)

P. Labrouste.

AMERICAN INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS

CONGRÈS DE GREAT BARRINGTON

18 au 21 juin 1902 (1).

L'éducation de l'ingénieur-électricien. Discours présidentiel de **Ch.-P. Steinmetz.** *Transactions of American Institute of El. Engineers*, t. XIX, p. 761-767, mai 1902.

L'orateur se propose d'examiner la situation de l'enseignement technique et particulièrement celui qui a pour objet de former l'ingénieur-électricien.

Après avoir constaté que les méthodes de la science expérimentale se sont substituées, avec un succès prodigieux dans la voie du progrès, aux anciennes spéculations de la métaphysique, il craint que ce succès même expose les générations à venir à un écueil, par suite de la confiance aveugle accordée aux théories que la science a déduites de l'observation des faits. Si les applications que l'on a pu déduire de ces théories en prouve l'exactitude, il y a néanmoins un danger à perdre de vue les faits qui leur ont servi de base. Au point où est arrivée la science électrique, il est temps d'arrêter l'édification des théories les unes sur les autres et de s'assurer de la solidité de leur fondement. A ce point de vue, l'avenir ne paraît pas très encourageant à l'orateur. L'éducation actuelle de l'ingénieur ne se préoccupe pas suffisamment de lui fournir une *intelligence approfondie des principes fondamentaux de son art* et *une connaissance satisfaisante des méthodes qui lui sont propres.*

M. Steinmetz attribue le mal à la rivalité des maisons d'éducation qui, pour enseigner les unes plus que les autres, font plus appel à la mémoire qu'au jugement de leurs élèves; alors qu'il est bien inutile de charger leur mémoire de formules qu'ils trouveront plus tard dans une foule de manuels. Cela est vrai surtout pour les branches accessoires de l'électrotechnique, telles que la théorie de l'élasticité, les résistances des matériaux, la construction des machines à vapeur et des turbines, où l'on devrait se borner aux principes essentiels.

L'orateur critique également la méthode des études sectionnées, où après avoir consacré un temps suffisant à l'étude d'une branche, on la termine par un examen pour ne plus y revenir. D'ailleurs, dans ces sortes d'examens, l'élève doit répondre à une dizaine de questions dans un temps donné ; c'est faire appel à sa mémoire et non à son intelligence ; un étudiant, si brillant qu'il soit à cet égard, peut ne faire qu'un médiocre praticien.

Avec quelques connaissances approfondies en mathématiques, physique et chimie, l'élève devrait être familiarisé avec les appareils électriques au laboratoire, avant d'en commencer l'étude dans les cours. Quant aux projets de construction, M. Steinmetz n'en recommande pas l'étude dans les collèges, parce que les considérations qui leur servent de base dans les bureaux d'étude industriels et la grande part de jugement qui entre dans la construction d'un appareil électrique ne permettent pas d'espérer un bon résultat de cette branche d'enseignement.

---

l'extension du réseau pouvant s'évaluer à 875 fr, les 2 059 nouveaux abonnés occasionnent une dépense utile de 1 900 000 fr, et les 2 638 autres, une dépense inutile de 2 300 000 fr.

(1) Les séances ont eu lieu à Great Barrington (Mass.) où l'Institut américain a, cette année, tenu son Congrès annuel. Quatre des communications qui y furent faites ont été analysées antérieurement d'après les comptes rendus des journaux techniques (voir t. XXXIII, p. 97, 18 oct. 1902).

L'adresse présidentielle, est suivie de plusieurs communications où se révèlent les mêmes préoccupations au sujet de l'infériorité des méthodes d'éducation technique actuelles, en Amérique.

M. S. Sheldon constate que la moyenne, pour ne pas dire la majorité des étudiants fréquentent les écoles techniques dans l'espoir d'acquérir plus rapidement une position sociale que par toute autre voie ; et cependant, la situation finale de la plupart des ingénieurs semble ne dépendre que de leurs qualités personnelles et infiniment peu de leur passé scolaire. L'orateur estime que le principal défaut de l'éducation technique actuelle est de ne pas donner aux élèves cette largeur de vue et d'appréciation que l'on acquiert au frottement des études classiques et artistiques [1].

Un autre orateur, M. William Esty se félicite que les séances de l'Institution soient l'occasion d'un échange de vues des plus utiles entre ingénieurs, fabricants et professeurs au sujet de cette question de l'éducation technique. L'existence aux Etats-Unis de plus de cinquante institutions électrotechniques fréquentées par environ 2 500 étudiants, prouve que la méthode d'éducation par le collège est de beaucoup la plus expéditive pour arriver au degré de savoir exigé aujourd'hui de l'ingénieur. Mais l'orateur s'étonne que, alors que les écoles de droit et de médecine exigent au moins quatre années d'études préliminaires, l'on admette que la profession d'ingénieur, demande beaucoup moins de préparation et que l'étude de l'histoire, de l'économie politique et de la littérature y soit complètement négligée ; du moins, quand on se préoccupe de donner aux élèves une culture générale, les études libérales sont combinées la plupart du temps avec les cours techniques, dans une même période de quatre années, de telle sorte que les élèves les considèrent trop volontiers comme une partie accessoire et même inutile de leur instruction.

(1) Tout étudiant doit aujourd'hui posséder, outre la la connaissance des faits et celle du langage qui les exprime, l'art de coordonner ses idées et de les mettre en œuvre; mais on doit aussi développer en lui la sensibilité ainsi que ses facultés esthétiques et morales. En vue de ce résultat, l'orateur préconise l'uniformité des programmes, grâce à laquelle l'élève-ingénieur arriverait à une étendue de culture intellectuelle dont l'absence le distingue trop facilement des candidats aux professions libérales.

En ce qui concerne l'enseignement électrotechnique lui-même, l'orateur ne se dissimule pas les difficultés qu'il rencontre dans une science qui se transforme si rapidement, que le professeur est obligé de chercher ses renseignements dans la littérature périodique, où les publications, en Amérique surtout, sont loin d'être aussi détaillées et aussi instructives pour l'électricien, que le sont les revues de mécanique et d'autres branches de l'industrie pour l'ingénieur civil.

Un autre desideratum est de faire l'élève-ingénieur apte à rendre immédiatement des services à son entrée dans l'industrie ; et, dans ce but, l'orateur voudrait familiariser l'étudiant avec la littérature commerciale et la science du catalogue ; avec des dessins, des photographies et les échantillons des appareils et des machines ; les visites d'usines, le séjour dans un atelier pendant les vacances d'été, des conférences périodiques faites par des hommes d'affaires et des spécialistes seraient d'une grande utilité.

En ce qui concerne les laboratoires, il y a deux extrêmes à éviter : dans les uns, en effet, les élèves ne font qu'assister à la mesure et prendre des notes ; dans les autres, on les abandonne à eux-mêmes, pendant des mois entiers, sur un appareil ou une machine unique.

L'orateur croit, contrairement à l'avis de M. Steinmetz, que les projets de machines sont une excellente application à faire faire par les élèves ; mais ces études constituent à la fois un art et une science, et ce n'est qu'en tant que science appliquée des lois fondamentales de l'électricité, du magnétisme et de la mécanique que l'orateur en recommande l'enseignement. L'orateur s'est en outre très bien trouvé d'accoutumer ses élèves à compulser les périodiques, dont il leur fait présenter des rapports devant la classe et noter des résumés substantiels.

L'usage de faire écrire une thèse à l'étudiant à la fin de ses études constitue, selon l'orateur, un excellent critérium des connaissances acquises ; on doit y donner une large part aux résultats expérimentaux, mais veiller à ce qu'elle soit bien une œuvre originale de l'élève.

Enfin, l'orateur voudrait que l'on développât à tel point chez l'élève, le besoin de savoir toujours plus et mieux, qu'il ne cessât, sa vie durant, de rester un étudiant.

M. Harold W. Buck estime que l'éducation de

l'ingénieur-électricien doit être une combinaison raisonnée de la théorie et de la pratique. Cette profession exige aujourd'hui des connaissances théoriques plus étendues qu'aucune autre ; les vieux praticiens ne peuvent guère se maintenir à la hauteur de leur situation qu'en s'astreignant à des études théoriques continuelles. Mais la théorie n'est pas tout ; l'étudiant, au sortir de l'école, possède les principes de sa profession et l'apprentissage subséquent de la pratique lui est indispensable ; et même alors, il ne deviendra qu'un médiocre ingénieur, s'il ne possède le savoir-faire dans l'exécution, la connaissance des affaires, la présence d'esprit, des aptitudes à diriger les hommes, de l'énergie, du sang-froid et de l'initiative dans la manipulation des machines dans les circonstances critiques.

M. E.-B. Raymond lui, est aussi d'avis, que ce qu'il y a de plus important pour l'élève, est de sortir de l'école avec le goût de l'étude, l'amour du travail et la conviction que les connaissances acquises jusque-là ne sont pour lui qu'un instrument et qu'un point de départ. Si ce résultat est atteint, le jeune ingénieur saura consacrer une partie de son temps aux autres sciences, telles que l'économie politique, la pratique des affaires, l'histoire, la grammaire et le style. Aussi l'orateur estime-t-il que l'instruction de l'école doit être strictement technique, tout en restant en contact avec le monde industriel, au moyen de visites et de séjours dans des ateliers et de conférences faites par des hommes expérimentés.

Détermination de la force électromotrice en chaque point d'une transmission à courant alternatif, par **Maurice Leblanc.** *Transactions of the Am. Inst. of El. Eng.*, t. XIX, p. 525-532, mai 1902.

L'auteur de cette communication, le savant électricien français, se propose de donner une formule permettant de calculer le voltage en chaque point d'une ligne à courant alternatif.

Soient ρ, λ, γ, respectivement la résistance, la capacité et la self-induction par unité de longueur des deux conducteurs d'une ligne de longueur l, parcourue par un courant alternatif sinusoïdal de fréquence $\beta = \frac{m}{2\pi}$; soit V_x le voltage en un point éloigné d'une distance x de l'extrémité génératrice.

La transmission du courant est régie par l'équation

$$\frac{d^2 V}{dx^2} = \gamma\lambda \frac{d^2 V}{dt^2} + \gamma\rho \frac{dV}{dt}.$$

D'après la solution de cette équation donnée par M. Vaschy, elle est satisfaite, à charge constante, si l'on pose

$$\left. \begin{aligned} V_x = {} & e^{\alpha(l-x)} \left[A \sin m \left(t - \frac{x}{v}\right) \right. \\ & \left. + B \cos m \left(t - \frac{x}{v}\right) \right] + e^{\alpha(l-x)} \left[D \sin m \left(t + \frac{x}{v}\right) \right. \\ & \left. + F \cos m \left(t + \frac{x}{v}\right) \right]. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\gamma\lambda}} \sqrt{\frac{2\lambda m}{\lambda m + \sqrt{\rho^2 + m^2\lambda^2}}}, \text{ avec } \alpha = \frac{1}{2}\gamma\rho v.$$

v est la vitesse de propagation des ondes électriques le long de la ligne.

L'intensité i_x au point x étant donnée par :

$$\rho i_x + \lambda \frac{d i_x}{dt} = - \frac{d V_x}{dt}.$$

On a

$$\left. \begin{aligned} \rho i_x + \lambda \frac{d i_x}{dt} & \\ = e^{\alpha(l-x)} & \left[\left(A\alpha - B\frac{m}{v}\right) \sin m \left(t - \frac{x}{v}\right) \right. \\ & \left. + \left(A\frac{m}{v} + F\alpha\right) \cos m \left(t - \frac{x}{v}\right) \right] \\ + e^{-\alpha(l-x)} & \left[\left(-D\alpha + F\frac{m}{v}\right) \sin m \left(t - \frac{x}{v}\right) \right. \\ & \left. - \left(D\frac{m}{v} + F\alpha\right) \cos m \left(t + \frac{x}{v}\right) \right]. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Soit U_x le maximum de la tension V_x ; de l'équation (1) on déduit

$$U_x = \sqrt{e^{2\alpha(l-x)}(A^2 + B^2) + e^{-2\alpha(l-x)}(D^2 + F^2) + 2\sqrt{(A^2 + B^2)(D^2 + F^2)} \cos 2m \left(\frac{x}{v} - u\right)} \quad (3)$$

en posant

$$\operatorname{tang} 2mu = \frac{BD - AF}{AB + BD}.$$

Pour déterminer A, B, D, F on se donne la valeur U à l'extrémité réceptrice de la ligne fermée sur un récepteur de résistance r et de self-

induction L. Posons

$$V_l = U_l \times \sin mt \quad \text{et} \quad \operatorname{tang} m\varphi = \frac{mL}{r}$$

il vient

$$\rho i_l + \lambda \frac{di_l}{dt} = \frac{U_l}{\sqrt{r^2 + m^2 L^2}} \left[\rho \sin m \left(t - \varphi\right) + m\lambda \cos m \left(t - \varphi\right) \right].$$

Ecrivons que les équations (1) et (2) sont satisfaites pour toute valeur du temps et pour $x = 1$, nous obtiendrons quatre équations qui déterminent A, B, D, F[1].

En remplaçant A, B, D, F par les valeurs ainsi obtenues on obtient l'équation

$$U_x = \frac{1}{2} \sqrt{\begin{aligned} & U_l^2 \left(e^{2\alpha(l-x)} + e^{-2\alpha(l-x)} + 2 \cos \frac{2m}{v}(l-x)\right) \\ & + \frac{\sqrt{\rho^2 + \lambda^2 m^2}}{m\gamma} I_l^2 \left[e^{2\alpha(l-x)} + e^{-2\alpha(l-x)} - 2\cos \frac{2m}{v}(l-x)\right] \\ & + 2\sqrt{\frac{\sqrt{\rho^2 + m^2\lambda^2}}{m\gamma}}\, I_l U_l \left[e^{2\alpha(l-x)} - e^{-2\alpha(l-x)} \cos m(\varphi + \delta) \right. \\ & \left. + 2 \sin \frac{2m}{v}(l-x) \sin m(\varphi + \delta)\right] \end{aligned}}$$

en posant

$$\operatorname{tang} m\delta = \frac{m(\rho - lv\alpha)}{m^2\lambda + \rho v \alpha} = \frac{\rho}{m\lambda + \sqrt{\rho^2 + m^2\lambda^2}};$$

tel est le voltage maximum en chaque point x, la puissance au récepteur étant

$$U_l I_l \cos m\varphi.$$

Si la ligne fonctionne sans charge on a $I = 0$ et le voltage devient à l'origine

$$U_0 = U_l \frac{\sqrt{e^{2\alpha l} + e^{-2\alpha l} + 2\cos \frac{2ml}{v}}}{2}.$$

Dans une ligne à rendement acceptable, $2\alpha l$ le coefficient d'amortissement sera toujours très petit, la somme $e^{2\alpha l} + e^{-2\alpha l}$ sera voisine de 2; si la ligne est longue, $\cos \frac{2ml}{v}$ sera voisin de l'unité, donc

$$U_l > U_0$$

Cet effet sera maximum pour

$$2\frac{ml}{v} = \pi \quad \text{ou} \quad l = \frac{v}{4\beta}$$

c'est-à-dire, quand la longueur de la ligne sera le quart de celle de l'onde transmise.

Cette condition ne se présentera pas, en général, dans les lignes aux fréquences usuelles, mais elle est à redouter dans les longues lignes avec des harmoniques basses qui sont à éviter avec beaucoup de soins. En général, il faudra éviter le plus possible les harmoniques dans les génératrices et les récepteurs, et adopter des fréquences assez faibles pour que la ligne soit toujours assez longue par rapport à la longueur de l'onde transmise.

M. M. Leblanc donne une formule analogue à la précédente pour l'intensité de courant.

P.-L. Charpentier

---

[1] Les quatre équations sont les suivantes :

$$U_l = (A + D)\cos \frac{ml}{v} + (B - F)\sin \frac{ml}{v}$$

$$0 = -(A - D)\sin \frac{ml}{v} + (B + F)\cos \frac{ml}{v}$$

$$\frac{U_l}{\sqrt{r^2 + m^2 L^2}}(\rho \cos m\varphi + m\lambda \sin m\varphi) = \left(A\alpha - B\frac{m}{v} - D\alpha + F\frac{m}{v}\right)\cos \frac{ml}{v} + \left(\frac{Am}{v} + B\alpha + D\frac{m}{v} + F\alpha\right)\sin \frac{ml}{v}$$

$$\frac{U_l}{\sqrt{r^2 + m^2 L^2}}(ml \cos m\varphi - \rho \sin m\varphi) = \left(-A\alpha + B\frac{m}{v} - D\alpha + F\frac{m}{v}\right)\sin \frac{ml}{v} + \left(A\frac{m}{v} + B\alpha - D\frac{m}{v} - F\alpha\right)\cos \frac{ml}{v}.$$

Posons

$$\frac{U_l}{\sqrt{r^2 + m^2 L^2}} = I_l, \quad \operatorname{tang} m\varphi = \frac{\frac{m}{v}}{\alpha}, \quad \operatorname{tang} mX = \frac{m\lambda}{\rho}$$

$$\varphi - X = +\delta;$$

comme on a

$$\alpha^2 + \frac{m^2}{v^2} = m\gamma\sqrt{\rho^2 + m^2\lambda^2}$$

DEUTSCHE ELEKTROCHEMISCHE GESELLSCHAFT

CONGRÈS DE WURZBURG

Mai 1902

Sur la manière d'agir du soufre, dans l'électrolyse, par le professeur Dr **F.-W. Küster**. *Zeitschrift f. Elektrochimie*, t. VIII, p. 497.

L'auteur rappelle qu'il a observé il y a quelques années des variations périodiques de l'intensité et de la tension aux bornes pendant l'électrolyse des solutions de polysulfures. Un phénomène semblable s'observe pendant la dissolution du chrome dans les acides. Dans le cas des solutions de sulfures, la cause des variations est un dépôt de soufre qui apparait puis disparait périodiquement à l'anode. Par analogie, on peut supposer que l'hydrogène qui se dégage dans l'attaque du chrome par les acides produit périodiquement des couches gazeuses qui rendent difficile l'accès de l'acide. Dans l'électrolyse des sulfures, on a reconnu qu'il y avait seulement résistance à l'anode par la couche de soufre qui agit comme isolant. Mais si la relation entre la baisse du courant et la séparation du soufre était démontrée avec certitude, la séparation périodique du soufre avec disparition alternative restait encore très énigmatique. A première vue, en effet, on serait plutôt tenté de supposer qu'un état d'équilibre doit régner entre la vitesse de séparation et celle de redissolution; on ne s'explique pas la périodicité du phénomène.

Le Dr Woldemar Hommel a entrepris à l'école des mines de Clausthal des recherches que l'auteur expose ici.

Pour la vitesse avec laquelle le soufre se dissout dans une solution de sulfure de sodium, un facteur très important est la quantité de soufre existant déjà en solution. Le soufre dissous dans le sulfure de sodium se présente sous des états très différents, en partie prédominante, sans doute sous forme d'anions complexes S^2, S^3, S^4 et S^5 et en petite quantité sûrement aussi à l'état de soufre libre S^x, x devant être égal à 2 car le soufre libre se produit complètement en molécules les plus petites par suite de la dilution extraordinairement grande.

Pour connaître les concentrations du soufre dans les différentes solutions, on peut rechercher le potentiel que prend une électrode de platine dans les solutions considérées, car on sait qu'on peut appliquer aux métalloïdes l'équation de Nernst :

$$\pi = \frac{RT}{n} \log_{\text{nép}} \frac{P}{p}$$

π étant le potentiel, R la constante des gaz, T la température absolue, n la valence des ions, ici égale à 2 pour le soufre, P la tension de dissolution du soufre et p la pression osmotique des ions de soufre. P et p sont inconnus; P est bien proportionnel à la concentration du soufre libre S^2; mais on ne connaît pas celle-ci; p n'est pas suffisamment connu avec certitude, car par suite de l'hydrolyse il est impossible de connaître exactement le sulfure de sodium dissocié dans la solution. Néanmoins on peut évaluer les grandeurs relatives de P dans les solutions les plus différentes, mais il ne s'agit que des grandeurs relatives.

Les solutions qui sont saturées de soufre sont toutes également concentrées par rapport au soufre libre, avec exception peut-être pour les plus concentrées qui peuvent avoir un rapport de dissolution un peu différent. Comme les solutions sont saturées par rapport au soufre libre, la pression d'ionisation du soufre est la même dans toutes, de sorte que P est constant, dans la formule de Nernst. Le potentiel donne par suite la mesure des grandeurs relatives de p.

Des électrodes de platine dans des solutions de sulfure de sodium de différentes concentrations saturées de soufre montraient, avec l'électrode normale, les tensions suivantes :

---

on peut écrire

$$2\,A = U_l \cos\frac{ml}{v} + \sqrt{\frac{\sqrt{\rho^2 + m^2\lambda^2}}{m\gamma}}\, I_l \cos m\chi$$

$$2\,B = U_l \sin\frac{ml}{v} + \sqrt{\frac{\sqrt{\rho^2 + m^2\lambda^2}}{m\gamma}}\, I_l \cos m\chi$$

$$2\,D = U_l \cos\frac{ml}{v} - \sqrt{\frac{\sqrt{\rho^2 + m^2\lambda^2}}{m\gamma}}\, I_l \cos m\chi$$

$$2\,F = -U_l \sin\frac{ml}{v} + \sqrt{\frac{\sqrt{\rho^2 + m^2\lambda^2}}{m\gamma}}\, I_l \sin m\chi$$

où l'on a posé

$$\chi = \frac{l}{v} - \varphi + \delta$$

NUMÉRO	NORMALITÉ de $Na^2 S^x$	VALEUR de x dans $Na^2 S^x$	π m. V.	DIFFÉRENCE m. V.	DIFFÉRENCE calculée m. V.
1	4	4,47	621,1		
2	2	4,67	608,7	12,4	
3	1	4,84	600,0	8,7	
4	1/2	4,98	591,6	8,4	7,1
5	1/4	5,12	583,6	8,0	7,7
6	1/8	5,22	575,8	7,8	8,0
7	1/16	5,24	568,3	7,5	8,2
8	1/32	5,20	560,3	8,0	8,5
9	1/64	5,04	552,3	8,0	8,5
10	1/128	4,45	541,1	11,2	8,5

Le tableau suivant montre le potentiel que prend une électrode d'argent dans des solutions de différentes concentrations et saturées de soufre. On a placé les potentiels de l'électrode de platine pour faciliter la comparaison.

NUMÉRO	NORMALITÉ de $Na^2 S^x$	VALEUR DE x dans $Na^2 S^x$	π DE L'ÉLECTRODE d'argent m. V.	DIFFÉRENCES	π DES ÉLECTRODES de platine m. V.	DIFFÉRENCES Argent — Platine.	π POUR L'ARGENT calculé m. V.
1	4	4,47	792,4		621,1	171,3	790,2
2	2	4,67	775,9	16,5	8,7	167,2	777,8
3	1	4,84	770,0	5,9	600,0	170,0	769,1
4	1/2	4,98	760,9	9,1	601,6	169,3	760,7
5	1/4	5,12	750,6	10,3	593,6	167	742,7
6	1/8	5,22	739 env.	11,6	575,8	163	744,9
7	1/16	5,24	740 »	--1,0	568,3	172	737,4
8	1/32	5,20	732 »	8,0	560,3	172	729,4
9	1/64	5,04	731 »	1,0	552,3	179	721,4
10	1/128	4,45	701 »	30	541,1	160	710,2

On remarque que si les valeurs obtenues avec l'électrode d'argent sont différentes de celles que donne l'électrode de platine, l'allure des variations est la même dans les deux cas ainsi que l'indique la colonne 7 relative aux différences entre les deux valeurs pour chacune des concentrations étudiées. La différence presque constante ainsi obtenue est égale à 169,1 en moyenne; c'est le potentiel argent-platine. La huitième colonne a été établie en ajoutant cette valeur 169,1 à chacun des chiffres trouvés avec l'électrode en platine. A l'exception des deux dernières valeurs qui sont incertaines, l'accord entre les colonnes 4 et 8 est assez probant.

Le potentiel des électrodes platine et argent a été également mesuré dans les solutions de sulfure qui n'étaient pas saturées de soufre. Le potentiel dans ces solutions montrait une grande instabilité et d'autant plus qu'il existait moins de soufre en excès dans la combinaison Na^2S. C'est le monosulfure Na^2S qui présentait la plus grande instabilité. Ceci est à comparer avec la manière d'agir des électrodes oxygène et hydrogène dans les solutions neutres. Celles-ci sont aussi peu définies pour les ions hydrogène et hydroxyle que la solution de monosulfure pur pour le soufre libre. Dans le tableau suivant ont été rassemblés les potentiels des électrodes platine et argent dans les solutions normales Na^2S^x.

NUMÉRO	VALEUR DE x dans $Na^2 S^x$	π DE L'ÉLECTRODE argent.	DIFFÉRENCE.	π DE L'ÉLECTRODE platine.	DIFFÉRENCE.	π ARGENT — π platine.
1	1	920		799		121
2	1,25	909	11	787	12	122
3	1,5	895	14	766	21	129
4	2	893	2	750	16	143
5	3	873	20	730,5	19,5	142,5
6	4	823	50	677,3	53,2	145,7
7	4,84	770	53	600,0	77,3	170,0

Comme les mesures étaient toujours faites avec les deux électrodes placées ensemble dans les mêmes solutions, les différences π argent — π platine peuvent être considérées comme assez certaines.

Discussion. — M. Cohen dit qu'il a eu l'occasion, il y a quelques années, d'observer avec le Dr Ringer un phénomène intéressant : si on porte du bismuth dans une solution nitrique et qu'on électrolyse, on constate de très fortes oscillations aussi bien à l'ampèremètre qu'au voltmètre.

M. Küster fait observer que les phénomènes de ce genre sont très nombreux. Dans certaines conditions on obtient également des oscillations avec les électrodes en mercure.

M. Fœrster signale l'obtention d'oscillations dans la détermination analytique du cuivre en solution fortement nitrique. Il croit qu'il s'agit là d'une réduction de l'acide nitrique en ammoniaque. Le phénomène survient particulièrement

par les hautes densités de courant; il se forme autour de la cathode, une solution concentrée d'ammoniaque qui se décompose soudain pendant que se dégage l'hydrogène et que la tension baisse tandis que l'intensité s'élève. Le courant faiblit ensuite à nouveau et les oscillations se succèdent ainsi.

M. Küster ajoute que dans certaines circonstances, le phénomène peut être entendu, sinon vu. Ainsi lorsqu'on réduit une électrode au chlorure d'argent, on n'observe au début aucun dégagement d'hydrogène. Quand tout le chlorure d'argent est réduit, l'hydrogène survient avec une telle rapidité qu'il se produit de petites explosions que l'on entend crépiter; il se produit aussi une oscillation à l'ampèremètre et au voltmètre. Küster attribue d'une façon générale aux phénomènes de sursaturation les faits observés.

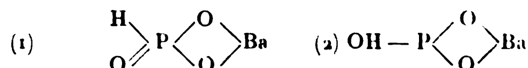
L. J.

Isomérie de structure des sels, par le Dr **A. Hantzsch**. *Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. VIII, p. 484.

L'isomérie se présentant sous la forme de différentes liaisons d'un métal dans un atome complexe n'a pas encore été complètement discutée. Cette isomérie est réalisée dans deux sels de mercure qui s'expriment d'après les recherches de W. Caldwell et H. Bauer par les formules $(CAz)^3\ (OHg)^3$ et $(CO)^3\ (AzHg)^3$, sels isomères de l'acide cyanurique.

Le premier ou sel normal s'obtient en traitant à 0° un sel mercurique par le cyanurate de sodium; l'isocyanurate est obtenu de la même façon, mais à 100°; il se forme encore exclusivement par l'action de l'acide libre sur l'acétate de mercure. Très voisins au point de vue physique, ces deux sels diffèrent au point de vue chimique, d'après les recherches de H. Ley. C'est ainsi que le sel normal sous l'influence des alcalis se décompose nettement en oxyde de mercure et cyanurate alcalin, tandis que son isomère n'est pas du tout attaqué. Il est remarquable que ces deux sels une fois isolés à l'état solide sont complètement stables.

L. Lendle a également trouvé des modifications isomériques de sels de l'acide phosphoreux, et parmi ceux-ci, le phosphite de baryum et celui de mercure. Le sel de baryum actif, préparé à froid, offre, à l'état solide, les réactions connues de l'aldéhyde, par exemple avec le nitrate d'argent. Le sel obtenu à 100° ne réagit qu'excessivement lentement et est ainsi presque inactif. La première modification peut être représentée par la formule (1) et la deuxième par la formule (2) ci-dessous.



Discussion. — Van't Hoff demande sur quelle base repose l'hypothèse de la liaison du mercure avec l'oxygène dans un cas et avec l'azote dans l'autre. Hantzsch répond que, en présence de la potasse, l'un des sels se décompose complètement en oxyde de mercure et acide cyanurique libre, et cela déjà à froid, tandis que l'autre sel ne réagit pas du tout. Or toutes les liaisons de l'azote avec le mercure sont insensibles à l'action de la potasse, Ici le mercure n'existe pas du tout à l'état d'ions, et cela explique la différence des actions chimiques.

L. Jumau.

SYNDICAT DES USINES D'ÉLECTRICITÉ

Contribution à l'étude de la marche industrielle des compteurs moteurs, par **Félix Lecomte.**

Dans le numéro du 25 octobre dernier, *L'Éclairage électrique* a reproduit cette communication faite au second Congrès annuel du Syndicat des Usines d'électricité. L'auteur de la communication nous signale les quelques erreurs suivantes, qui se trouvaient d'ailleurs dans le texte original :

Page 138, 1re colonne, ligne 22. — *Au lieu de* « ces ***moteurs*** ne donnent des intégrations, etc. », *lire* ces ***compteurs...*** »

Page 139, tableau 1, § 5. — ***Au lieu de*** « La différence se manifeste encore *sans* l'**inversion** », *lire* « ... *dans* l'inversion. »

Même tableau, essais sur compteur Thomson, n° 214012, § 1 :

Au lieu de	3290 — 3205 + 0,45
lire	3290 — 3305 + 0,45

Le Gérant : C. NAUD

Tome XXXIII. Samedi 29 novembre 1902 9e Année. — N° 48.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

LE CONGRÈS DE LA HOUILLE BLANCHE EN SUISSE

Après la séance de clôture du Congrès, tenue à Chamonix, un grand nombre des membres présents ont participé à une excursion dans la vallée du Rhône, pour visiter diverses installations hydrauliques et électriques remarquables, excursion qui avait été organisée par les promoteurs de ce Congrès.

Partie de Chamonix, à 7 heures du matin, le 14 septembre, la délégation, ayant à sa tête l'infatigable et dévoué président du Congrès, M. Pinat, s'est d'abord rendue à Brigues, dans le Valais. Le lendemain, elle a visité les travaux du tunnel du Simplon, puis ensuite les installations hydrauliques et l'usine de Saint-Maurice, à courant continu série, dont l'énergie est transportée à Lausanne. Le 16, a eu lieu la visite à l'usine de Vouvry utilisant une chute d'eau de 1 000 m de hauteur, la plus haute du monde entier, et le lendemain a été consacré à la visite de la station réceptrice de Lausanne (1), ainsi que des installations hydrauliques de la ville de Genève.

Nous donnons ci-dessous une description des installations visitées, qui n'ont pas encore été décrites dans ce journal, en nous étendant particulièrement sur les installations hydrauliques, car, comme tous les membres du Congrès, nous sommes persuadé que l'avenir est à la houille blanche secondée par l'électricité.

Comme M. J. Richard, l'inventeur bien connu du vérascope, faisait partie du Congrès, nous avons pu obtenir de lui quelques photographies intéressantes qu'il a mises aimablement à notre disposition et nous lui devons d'autant plus de remerciements qu'il a bien voulu parfois sacrifier certaines vues artistiques pour des vues techniques.

(1) Pour les installations de la transmission d'énergie Saint-Maurice-Lausanne, voir *L'Éclairage Électrique*, t. XXXII, p. 41 et 84, 12 et 19 juillet 1902.

Installations hydrauliques du Simplon

L'entrée du tunnel est située sur la rive gauche du Rhône, à 2 km en amont de Brigues. Le tunnel sera percé en ligne droite, mais comme, par suite de la proximité du Rhône, l'entrée a dû être établie en courbe, on a, pour pouvoir donner exactement la direction, prolongé la partie en ligne droite par une galerie aboutissant à l'extérieur, dite galerie de direction (fig. 1).

Deux galeries parallèles à 14 m de distance sont percées simultanément, par des procédés mécaniques. Ces galeries ont une largeur de 2,5 à 3,2 m et une hauteur de 2 à 2,5 m. L'une est ensuite élargie et amenée au profil définitif du tunnel, l'autre est laissée en

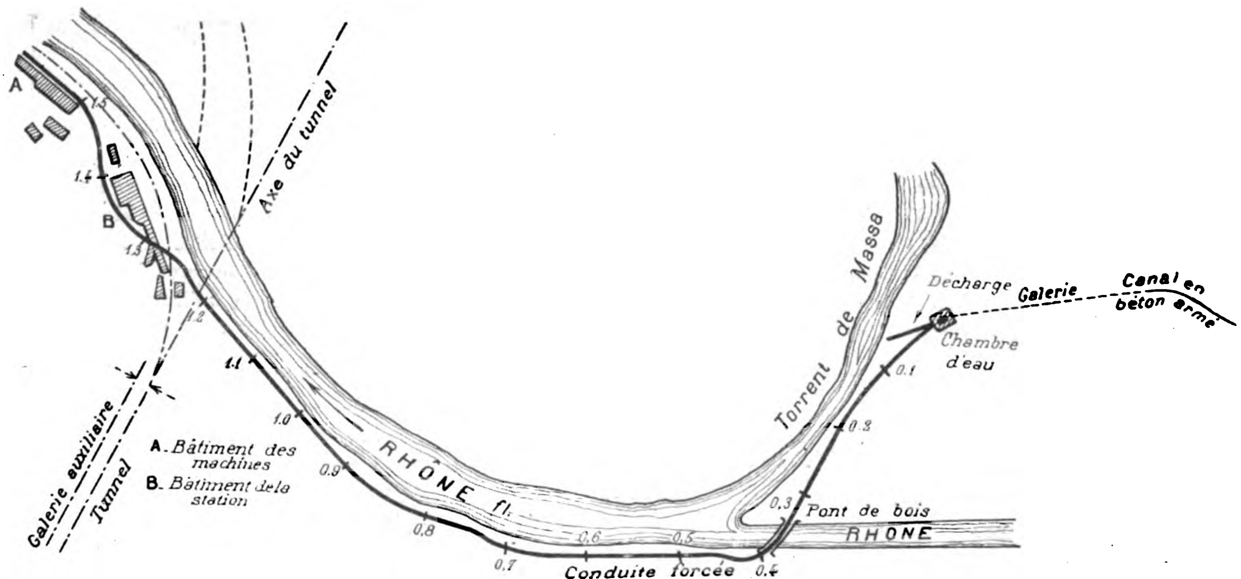


Fig. 1. — Travaux du Simplon. Plan général des installations hydrauliques.

l'état, elle sert à la ventilation et à l'évacuation des eaux; plus tard, si l'augmentation du trafic l'exige, elle sera également élargie.

Les deux galeries sont reliées tous les 200 m environ par des galeries transversales. La ventilation s'effectue en envoyant de l'air à la pression de 250 mm d'eau dans la galerie auxiliaire; comme toutes les galeries transversales sont bouchées, à l'exception de la plus éloignée, cet air revient par la galerie formant le tunnel. Cet air est chargé de vapeur, car, comme il règne au fond des galeries une température atteignant 52°, on est obligé pour rafraîchir de pulvériser de grandes quantités d'eau ; on envoie même des trains chargés de glace.

La galerie principale comprend trois parties ; dans la plus rapprochée de l'entrée, le tunnel est complètement terminé ; ensuite vient une portion où l'on procède à l'élargissement, qui se fait à la main et enfin vient la partie dite galerie d'avancement ou de direction ; c'est seulement dans cette partie, située en avant de la dernière galerie transversale, que le travail se fait mécaniquement. L'aération y est assurée par des ventilateurs actionnés par l'eau sous pression. Le travail se fait de la manière suivante. Au front de taille, jusques auquel la voie de 0,80 m de largeur est amenée, se trouve un petit chariot sur lequel sont installées trois perforeuses Brandt, mues hydrauliquement. On perce suivant la nature du rocher de 6 à 12 trous de 7 cm de diamètre, ayant une profondeur de 1,2 à 1,8 m. On retire alors en arrière les perforeuses, on charge les trous à la dynamite et on fait sauter le rocher. Après le dégagement des gaz, qui dure environ un quart d'heure, on déblaie et avance la voie.

L'opération totale dure de 4 h. 15 m. à 6 h. 40 m.

Le percement de la galerie auxiliaire se fait de la même manière ; pour les galeries transversales, on n'emploie qu'une perforeuse.

Dans la partie terminée du tunnel [1], la traction se fait au moyen de locomotives à vapeur; dans la partie plus éloignée, on emploie des locomotives à air comprimé.

L'eau pour le service des perforeuses et des ventilateurs du front de taille est envoyée à une pression de 80 atmosphères environ ; l'air destiné au service des locomotives est également à 80 atmosphères; ces dernières marchent à 10 ou 15 atmosphères.

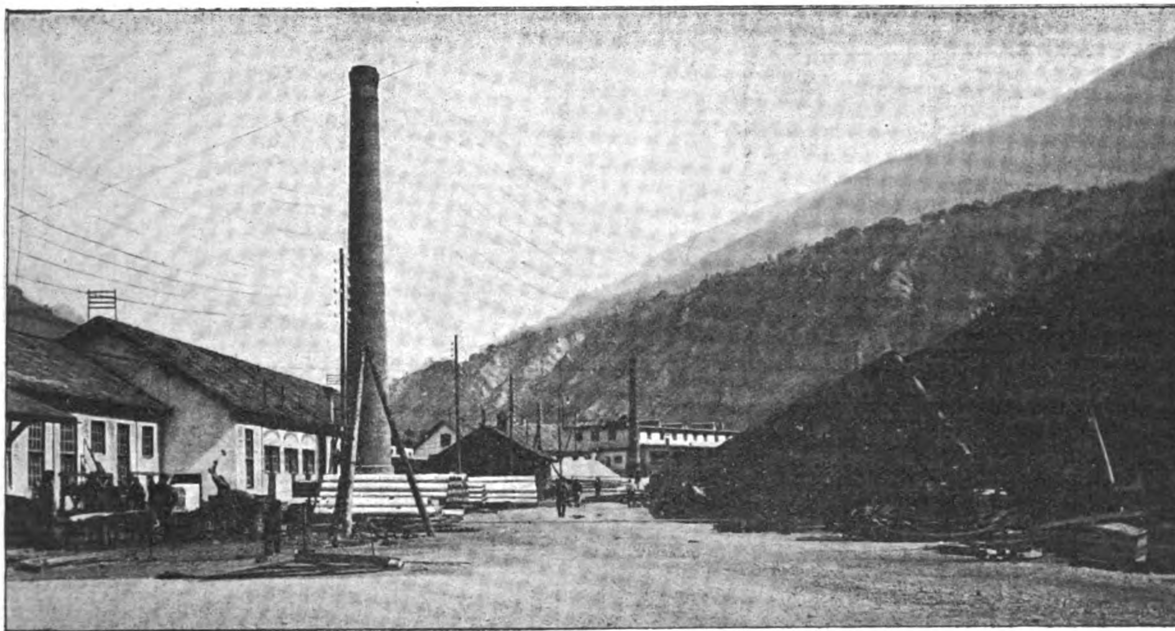


Fig. 2. — Bâtiment des turbines et des machines à vapeur de réserve pour les travaux du Simplon.

Les compresseurs d'air, ainsi que les pompes à haute pression, sont installés dans un bâtiment situé à l'extérieur du tunnel ; ces machines sont actionnées par des roues Pelton. Dans ce bâtiment sont également installées des machines à vapeur de réserve, et la station électrique, qui comporte deux dynamos, l'une de 25 et l'autre de 100 chevaux, pour l'éclairage, et une génératrice de 30 chevaux desservant une grue électrique de 4 tonnes. Ces dynamos sont commandées chacune par deux turbines. La figure 2 représente le bâtiment des machines, avec les lignes d'éclairage.

Le service de ventilation est assuré par deux ventilateurs de 3,75 m de diamètre, dont un de réserve, actionnés par une turbine ; le réglage de la vitesse de ces dernières se fait à la main ; il est envoyé dans le tunnel 25 à 30 m^3 d'air par seconde sous une pression de 250 mm d'eau. Les membres du Congrès ont beaucoup admiré les installations sanitaires du bâtiment de la station où tout a été prévu pour le bien-être et l'hygiène des ouvriers ; aussi la mortalité très grande au début est-elle tombée à un chiffre très bas.

(1) Lors de notre visite l'état d'avancement des travaux était le suivant : du côté nord, le point d'attaque était à environ 7 800 m de l'entrée, et du côté sud, à 5 000 m ; il restait donc une longueur de 6 929 m à percer, la longueur totale du tunnel devant être de 19 729 m. Les chefs de l'entreprise Brandt Brandau et Cie, estiment que le tunnel sera complètement terminé vers le mois de mai 1904.

Les turbines sont actionnées par l'eau d'une chute de 52,5 m de hauteur, dont le débit peut atteindre 5 m³ d'eau à la seconde; la hauteur de chute utile étant alors de 44,6 m, la puissance peut atteindre 2 230 chevaux.

La prise d'eau se fait sur la rive droite du Rhône à environ 4 km en amont de l'entrée du tunnel (fig. 1). L'eau, après avoir traversé les bassins de décantation, est amenée par un canal en ciment armé du système Hennebique de 3 200 m de longueur à une chambre d'eau, d'où part une conduite forcée de 1 497 m de longueur, aboutissant au bâtiment des machines, après avoir traversé le Rhône sur un pont de bois. Cette installation présente des particularités intéressantes et nous la décrirons en détail, en empruntant les dessins à divers articles de M. S. Pestalozzi parus dans la *Schweizrerische Bauzeitung*. La digue de la prise

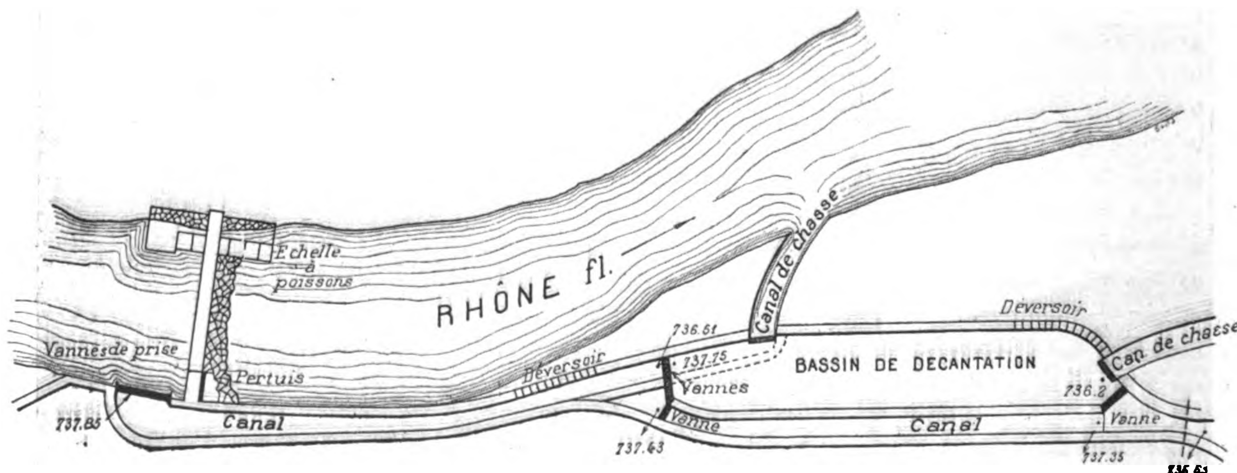


Fig. 3. — Détail des travaux de captage des eaux pour l'usine hydro-électrique du Simplon.

d'eau, en maçonnerie, est fondée sur le rocher; elle a 2,00 m de largeur et sa crête est arasée à la cote 737,85 d'après le plan; sa largeur est de 27,5 m; près de la rive gauche (fig. 3) est aménagée une échelle à poissons; près de la rive droite, un pertuis de 3,50 m de largeur est muni d'une porte de 1,40 m de hauteur qui est rabattue en hautes eaux.

La prise latérale a une largeur de 9,5 m; le seuil est à la cote 738,0; elle est munie de 4 vannages de 2,35 m de largeur dont les cadres ont 4,7 m de hauteur. Dans chacun de ces cadres peuvent glisser deux vannes, l'une ayant une hauteur de 0,7 m, l'autre de 1,7 m. En basses eaux, quand celles-ci sont pures, les deux vannes sont soulevées et la prise se fait à gueule-bée; en hautes eaux, comme le Rhône charrie beaucoup de graviers, qui se trouvent principalement vers le fond, les vannes de 0,7 m sont baissées et on n'admet que les eaux de surface qui sont les moins troubles.

La première partie du canal d'amenée a une largeur de 3 m et une longueur de 93 m. Sur les 12 premiers mètres, la pente est de 2,9 p. 100; elle est ensuite de 1,4 p. 100. Le radier du canal, près du bassin de décantation, est à la cote 736,5, tandis que le fond du bassin est à 737,6 m. Le canal passe sous le bassin et vient aboutir à un canal de chasse de 2 m de largeur muni d'une vanne; il suffit d'ouvrir cette vanne pour évacuer dans le Rhône les sables et graviers accumulés dans le canal.

Le bassin de décantation a une longueur de 75,6 m et une largeur maximum de 12,5 m; le fond à l'aval, à l'entrée d'un canal de chasse fermé par une vanne est à la cote 736,2. A l'amont, le bassin peut être fermé par 2 vannes de 3 m de largeur, et à l'aval par une vanne de 4,5 m.

Dans le mur du canal d'amenée est aménagé un déversoir régulateur de 12,5 m de largeur; celui du bassin de décantation a 15 m de largeur. Le long du bassin du côté opposé au Rhône est disposé un canal de 3 m de largeur qui peut être fermé à l'amont par une vanne. Le radier de ce canal à l'amont est à la cote 737,4 et à l'aval à 737,3, c'est-à-dire à 1,15 m au-dessus du fond du bassin. Quand on veut nettoyer le bassin, on ferme ses vannes amont et aval, et on ouvre la vanne de chasse; quand on veut chasser les graviers, on ferme la vanne aval en laissant celle d'amont ouverte, on ferme la vanne du canal latéral, de sorte que l'eau arrivant par la prise passe par le bassin et retourne au Rhône par le canal de chasse en entraînant la plus grande partie des sables et graviers; le reste est ensuite enlevé à la pelle. Pendant le nettoyage du bassin, l'eau passe par le canal latéral, de sorte que le service n'est pas interrompu.

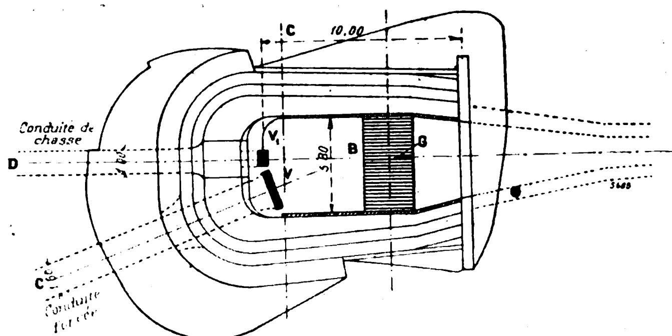


Fig. 4. — Vue en plan de la chambre d'eau de la conduite forcée.

La deuxième partie du canal d'amenée faisant suite au bassin est en béton armé; la section intérieure forme un carré de 1,90 m de côté; le fond a une épaisseur de 0,12 à 0,15 m; celle des parois latérales est de 0,10 m; et le plafond, de 0,10 à 0,15 m. Vu sa faible pente, ce canal est sur sa plus grande partie aérien; quand il rencontre le terrain, celui-ci a une pente transversale telle que la moitié de la largeur du canal est en surplomb.

Le canal est soutenu tous les 5 m par un massif de béton, ou un chevalement en béton armé. Pour parer aux effets de la dilatation, au droit des appuis, on a aménagé des joints à double rainure, dans lesquels on a coulé du ciment; lorsque la dilatation est assez forte pour que l'eau suinte aux joints, on rejointoie avec du ciment. Tous les 100 m on a aménagé un trou d'homme pour la visite.

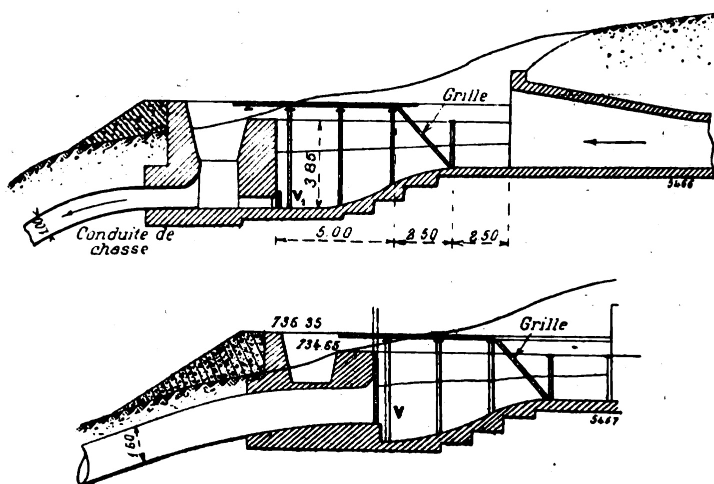


Fig. 5 et 6. — Sections de la chambre d'eau suivant A D et A C.

A la partie du canal d'amenée en ciment armé succède une galerie souterraine de 223 m de longueur qui aboutit à la chambre d'eau ou de mise en charge de la conduite forcée.

Près de la chambre, la galerie s'élargit (fig. 4, 5 et 6); l'eau passe entre deux parois en planches, aboutissant à un déversoir à l'aval. Le fond est fortement incliné et une grille G arrête les feuilles et les branchages, qui auraient pu être entraînés par l'eau. Dans le milieu du mur déversoir aval, à la partie basse, est aménagée une ouverture circulaire de 0,60 m de diamètre, munie d'une vanne V_1; cette ouverture sert à la vidange.

La conduite forcée est également encastrée dans le mur déversoir, mais un peu en dessus du trou de vidange (fig. 5 et 6).

Les parois en planches et le mur déversoir sont arasés à la cote 734,65, tandis que les murs extérieurs qui laissent une sorte de canal entre eux et la paroi en planches, de chaque côté, sont arasés à la cote 735,35. En arrière du mur déversoir, les canaux latéraux viennent aboutir à une fosse dans laquelle débouche la conduite de 0,60 aménagée dans le mur déversoir et munie de la vanne V_1. L'eau en excès ayant passé par-dessus les parois en planches ou par-dessus le déversoir, et l'eau sortant par la conduite quand on soulève la vanne V_1, pour faire une chasse, est évacuée par une conduite en tôle de 1 m de diamètre et de 81 m de longueur qui la rejette dans le torrent de la Massa (fig 1). La conduite sous pression en fer forgé a une longueur de 1 497 m; son diamètre est de 1,60 m; l'épaisseur des parois est de 6 mm sur les 80 premiers mètres, ensuite de 8 mm sur 812 m et enfin de 9 mm sur les 597 m restant. Partout où elle ne repose pas sur le sol, elle est soutenue tous les 14 m par des massifs en maçonnerie; tous les 300 m sont installés des piliers en maçonnerie dans lesquels elle est fortement ancrée.



Fig. 7. — Pont en bois sur le Rhône supportant la conduite forcée de l'usine hydro-électrique du Simplon.

Elle suit le tracé indiqué sur le plan général et traverse le Rhône sur un pont en bois



Fig. 8. — Canal de fuite aboutissant au Rhône.

qui sert en même temps de chemin pour amener les pierres devant servir à former le ballast du tunnel; sur ce pont et partout où elle longe le chemin, la conduite est protégée par un revêtement en planches, comme le montre la figure 7 sur laquelle on voit le pont en bois sur le Rhône. La figure 8 représente le canal de fuite dans le Rhône.

(*A suivre.*) F. LOPPÉ.

USINE A CARBURE DE CALCIUM DE CORDOVA

Tandis qu'en Europe l'industrie du carbure de calcium traverse, à cause de la surproduction, une crise qui ne semble pas près de disparaître [1] par suite de la concurrence de quelques puissantes sociétés, propriétaires de grandes installations de carbure, l'Amérique au contraire offre encore un champ d'exploitation rénumérateur à cette industrie.

Les usines avaient été installées jusqu'à présent aux États-Unis et dans le Canada, en



Fig. 1. — Salle de préparation des électrodes.

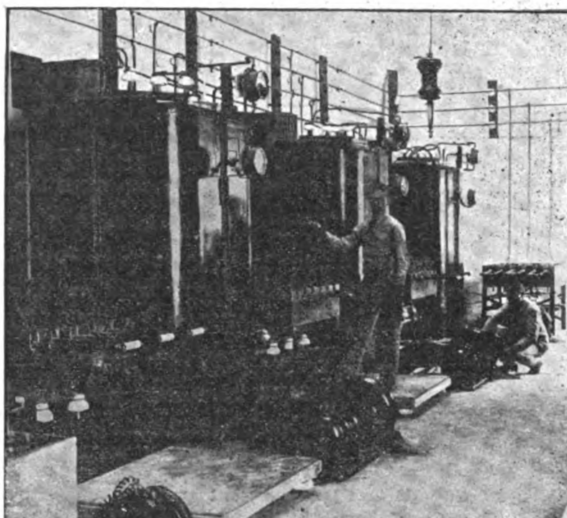


Fig. 2. — Salle des transformateurs.

prenant la plus grande partie de l'énergie qu'elles exigent des chutes du Niagara ; l'Amérique du Sud était, partant, obligée d'importer de ces États ou bien de l'Europe tout le carbure dont elle avait besoin, et il est à remarquer qu'il ne s'agissait pas d'une quantité négligeable.

Dès 1889, des négociations furent engagées entre une compagnie de Lima (Pérou) et une grande maison allemande pour l'installation d'une usine à carbure, disposant d'une puissance hydraulique de 10 000 chevaux, mais ces négociations échouèrent.

Meilleure chance aura sans doute la société propriétaire de l'installation qui a été inaugurée il y a peu de mois à Cordova (République Argentine), la première du genre dans toute l'Amérique du Sud, et dont nous allons donner une description.

L'usine est placée sur les collines au sud de la ville de Cordova, à 600 m environ d'altitude, sur un plateau aux pieds de la chaîne de montagne dite Sierra Grande. Elle occupe une surface de 800 m² environ, et se compose de huit bâtiments dont le principal, solidement construit

[1] A dire vrai les conditions se sont rehaussées dans ces derniers temps. Le prix du carbure de calcium vient de s'élever considérablement en Europe. Il valait de 225 fr à 250 fr la tonne au printemps dernier, et se vend maintenant 437,50 fr. Cette augmentation serait due aux efforts du Syndicat formé pour relever les cours, dont le niveau s'était abaissé par suite de la concurrence, de l'abondance des offres et de la rareté des demandes.

***

en pierre et recouvert par des toitures métalliques, contient : la salle des fours et la salle des concasseurs au centre, la salle des transformateurs et autre appareillage électrique à gauche ; les différents laboratoires pour la fabrication des électrodes (fig. 1), cassure, emballage du carbure, etc.

L'installation électrique reçoit l'énergie de la station génératrice de Casa Bamba, de l'usine hydro-électrique de la Luz y Fuerza de Cordova, placée à 32,5 km de distance sur la rive gauche du fleuve Rio Primero. Le courant triphasé est reçu à la tension de 10 000 volts et transformé à la tension de 35 volts ; l'intensité est de 8 000 ampères. Les transformateurs sont au nombre de cinq (fig. 2) ; les quatre premiers sont monophasés, type Labour, de la puissance chacun de 280 kilowatts; le cinquième est triphasé de 50 kilowatts. Ce dernier fournit le courant : à un moteur synchrone triphasé à démarrage automatique, type Labour de 36 chevaux, commandant l'arbre de transmission de l'installation mécanique et actionne une dynamo pour l'éclairage de l'usine ; et à un autre moteur portant, directement accouplé sur le prolongement de son axe, un ventilateur puissant, qui par des canalisations convenables aspire les gaz produits par la réaction dans le fonctionnement des fours électriques, lesquels non seulement endommageraient les électrodes, mais rendraient l'air du local irrespirable.

Les fours électriques (fig. 3 et 4) sont du système Gin et Leleux (1899) appartenant à la compagnie électro-thermique Keller, Leleux et Cie et déjà bien connus pour les bons résultats donnés dans plusieurs usines européennes, parmi lesquelles sont à signaler celle de Merano (Trentino) et celle de la dissoute Società Lombarda per Carburo de Milan [1]. Ceux de nos lecteurs qui ont visité l'Exposition de Paris de 1900 se souviendront que la Société avait exposé deux modèles, un de 300 kilowatts et l'autre de 60 kilowatts, dont le dernier fonctionnait quotidiennement dans le but de montrer aux visiteurs que le carbure de calcium peut s'obtenir industriellement sans fumée ni poussière et en utilisant les gaz de la combustion pour un réchauffement préalable des matières à traiter.

Le four Gin et Leleux fonctionne par incandescence, et on y évite la formation de l'arc électrique. En dernière analyse il se compose, d'une part, d'une électrode verticale susceptible d'un mouvement de montée et de descente, pouvant être réglé à volonté, et, d'autre part, d'une sole de forme particulière, montée sur un chariot et munie d'attaches permettant une rapide mise en circuit. Le travail du four est obtenu tout simplement par l'effet Joule. Les matières premières en descendant entre l'électrode et la sole forment comme un conducteur intermédiaire présentant une certaine résistance, le passage du courant chauffe la mixture en la portant à la température nécessaire à la réaction.

L'électrode supérieure est constituée par quatre blocs en charbon de haute conductivité électrique, soudés par une mixture convenable de goudron et de poussière de graphite, et cuits ensuite dans un four particulier à moufle. Une gaine métallique percée de trous et montée à son tour sur un chariot, entoure l'électrode.

Le four est construit en briques réfractaires ; dans ses parois sont pratiquées des ouvertures servant à recueillir les gaz provenant de la réaction ; ces ouvertures aboutissent à un collecteur principal d'aspiration communiquant avec un ventilateur qui refoule les gaz dans une chambre où a lieu la décantation et l'extraction des poussières entraînées par lesdits gaz.

Ce dispositif excellent préserve les ouvriers du danger d'un empoisonnement par l'oxyde de carbone et permet une aération suffisante dans la salle des fours, de manière qu'il ne s'y répande pas une grande quantité de poussières.

---

[1] Pour la description de ces fours voir *L'Éclairage Électrique*, t. XXVIII, p. 231, 17 août 1901.

Un trou pratiqué dans la paroi intérieure du four, un peu au-dessus de la sole, permet les coulées. Ces dernières, en fonctionnement normal, ont lieu toutes les deux heures. Le carbure produit est de la plus pure qualité et de haut rendement gazeux. Quand, au bout de plusieurs jours de marche d'un four, le trou de coulée finit par s'obstruer, l'électrode est soulevée par degrés, et l'opération s'arrête quand un cône de la hauteur de la gaine métallique a été obtenu.

Le service des fours n'exige que peu de personnel, un ouvrier pouvant surveiller et diriger la marche d'un ou plusieurs fours.

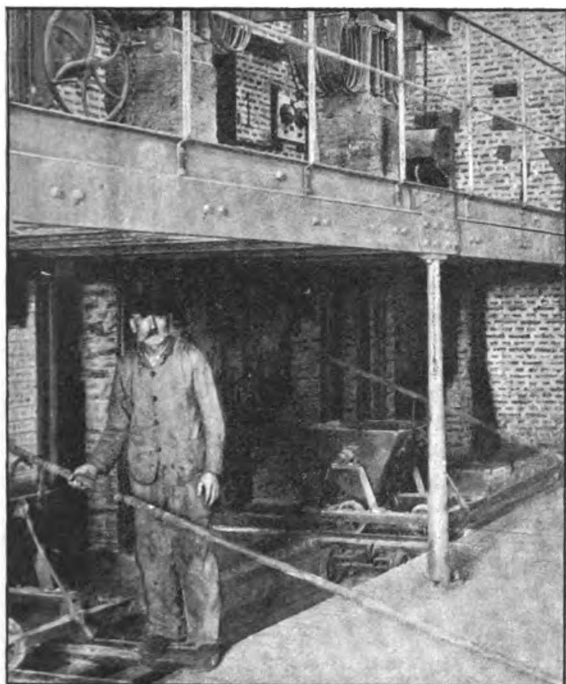


Fig. 3. — Salle des fours ; niveau intérieur.

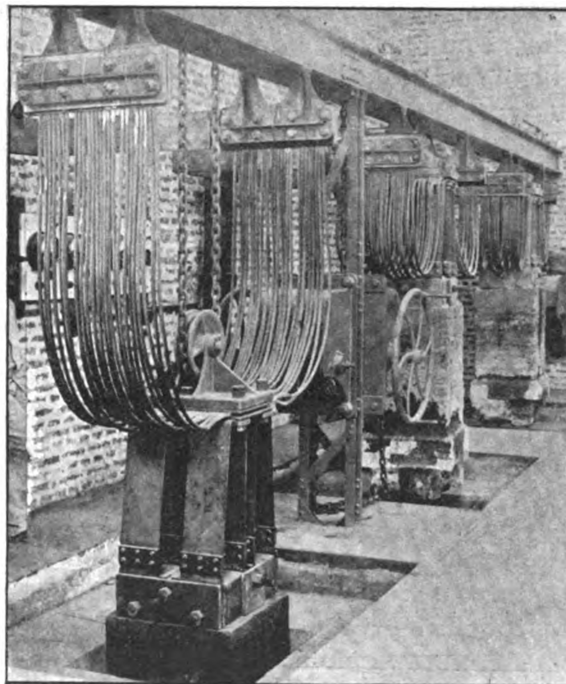


Fig. 4. — Plate-forme au-dessus des fours.

Dans l'usine de Cordova sont installés 4 fours de 250 kilowatts alimentés respectivement par les 4 transformateurs dont la puissance est de 280 kilowatts ; un des fours sert de réserve ; les trois en fonction sont accouplés en série.

Depuis les essais, le rendement de ces fours serait de 5 kg de carbure de calcium par kilowatt-jour. Ce résultat est un peu supérieur au véritable rendement constaté par M. le docteur V. Lucchini, de l'Institut polytechnique de Milan, à l'usine de la Società del Carburo Lombarda.

La chaux employée dans la fabrication du carbure est achetée à un prix fort avantageux à la fabrique de chaux de la maison Luigi Cerrano et Cia. située à proximité de l'usine de carbure ; elle est obtenue de la pierre calcaire des carrières voisines de Malagueno d'une pureté extraordinaire, si bien que cette chaux est considérée comme une des meilleures du monde. Le tableau suivant indique sa composition moyenne :

Eau et anhydride carbonique	6
Oxyde de calcium	961
Magnésie	000
Silicate et argile	32
Fer	1
	1 000

Comme charbon on utilise celui obtenu par la calcination dans des fours particuliers, d'un bois spécial connu sous le nom de *quebracho colorado*, qui fournit un excellent produit, dont voici également une analyse moyenne :

Eau	8
Cendre	41
Carbone	951
	1 000

Ces matières premières convenablement pesées et dosées dans la proportion ordinaire, sont concassées dans des machines particulières et réduites presque à l'état de poussière ; elles sont ensuite élevées par un ascenseur à seaux jusqu'à une trémie d'alimentation combinée avec des doseurs automatiques Gin et Leleux, correspondant au pont des fours ; de cette trémie les ouvriers enlèvent la mixture dans des récipients qu'ils vident dans l'ouverture des fours une fois l'électrode mobile abaissée.

L'extraction du carbure s'effectue, comme il a été dit, par coulées intermittentes. Le carbure fondu est reçu dans des récipients en fer fixés sur le truc d'un wagonnet. Celui-ci est ensuite poussé dans le laboratoire où le carbure refroidi est réduit en morceaux par une machine à concasser à machoires ; ces morceaux, classés suivant leur grosseur en les faisant passer par une grande trémie, sont transportés dans le magasin général, où l'on procède à l'emboitage dans des récipients en fer fabriqués spécialement et pouvant contenir 10, 20 et 50 kg de carbure.

Le carbure, aussi bien celui obtenu par coulée que celui qui reste en bloc à la fin de l'opération, présente un aspect brun métallique avec des reflets bleuâtres ; après concassage il est très homogène. Lorsqu'il vient d'être préparé, il fournit, par kilogramme, d'après les premiers essais faits dans le laboratoire de la manufacture, jusqu'à 359 litres d'acétylène mesurés sous la pression de 700 mm. Le produit commercial donne en général 340 litres d'acétylène par kilogramme ; en tout cas le rendement ne descend pas au-dessous de 330 litres, comme le prouvent les certificats délivrés par les deux laboratoires de chimie officielle de la République Argentine : le Laboratoire municipal de Buenos-Ayres, dirigé par le professeur Pietro Arata, et le Laboratoire municipal de Cordova, dirigé par M. le professeur Louis Léon.

L'installation de cette manufacture de carbure a encouragé l'application du gaz acétylène à l'éclairage des chemins de fer. Plusieurs des trains desservant Buenos-Ayres, Rosario et Santa Fé, sont actuellement éclairés par l'acétylène suivant le procédé Molet.

Le procédé employé par M. Molet consiste dans la dissolution de l'acétylène dans l'acétone, liquide ayant la propriété d'absorber 150 fois son volume d'acétylène sous la pression de 8 atmosphères et 300 fois sous la pression de 12 atmosphères [1].

A cette dernière pression sont remplis des tubes en métal de 100 cm de long pour 16 cm de diamètre ; un seul de ces tubes permet d'alimenter pendant un temps considérable bon nombre de becs.

E. BIGNAMI.

---

[1] Nous avons respecté le texte de l'auteur désignant sous le nom de procédé Molet, l'utilisation de la dissolution de l'acétylène dans l'acétone. A la vérité, et comme nos lecteurs le savent par l'article publié dans ce journal par notre regretté collaborateur A. Hess (t. X, p. 548, 20 mars 1897), la propriété que possède l'acétone de dissoudre le gaz acétylène a été reconnue par MM. G. Claude et A. Hess et l'utilisation de cette propriété pour le transport de l'acétylène a été brevetée par ceux-ci aussi bien à l'étranger qu'en France.

N. d. l. R.

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION

***Différents modes d'emploi des survolteurs avec batteries d'accumulateurs*, par Lamar Lyndon** *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, t. XVIII.

M. Lamar Lyndon a fait, l'an dernier, devant la Société des ingénieurs-électriciens américains une étude fort intéressante sur l'emploi des survolteurs dans les installations avec batteries d'accumulateurs, où il passe en revue à cet effet les différents modes d'excitation de ces survolteurs : en dérivation, en série, à excitation compound, différentielle, ou encore à courant constant ; en raison de son importance, nous en donnons, bien que tardivement, une analyse détaillée.

I. Batteries placées seules en dérivation. — Afin de réduire la perte de charge due à de grandes intensités dans les feeders et aussi pour éviter une partie des variations d'intensité à l'usine, on peut disposer la batterie en dérivation à l'extrémité de la ligne.

Aux heures de faible débit, la perte en ligne est faible et le voltage est suffisamment élevé pour permettre la charge de la batterie. Pour une intensité trop élevée, au contraire, la tension baisse suffisamment pour provoquer la décharge de la batterie. Si on appelle :

E_0 la tension des dynamos à l'usine ;

E_a la force électromotrice de la batterie ;

I_x l'intensité du courant fourni par l'usine:

I_0 l'intensité du courant d'utilisation ;

r_l la résistance totale de la ligne, sauf la batterie ;

r_x la résistance du circuit entre l'usine et le point d'utilisation ;

R la résistance de la batterie ;

$I_{moy.}$ l'intensité moyenne du courant de charge de la batterie quand le courant d'utilisation est nul,

on a

$$E_0 - I_{moy.}\, r_l = E_a + I_{moy.}\, R ; \qquad (1)$$

d'où

$$E_a = E_0 - (r_l + R)\, I_{moy.} \qquad (2)$$

Le nombre d'éléments N de la batterie est donné par

$$N = \frac{E_a}{2} \qquad (3)$$

Entre I_x et I_0 on a la relation suivante

$$E_0 - r_x I_x - (r_l - r_x)(I_x - I_0) = E_a + R\,(I_x - I_0) \qquad (4)$$

La différence $I_x - I_0$ représente l'intensité du courant que l'usine fournit à la batterie à l'instant considéré. Quand cette différence est négative, la batterie se décharge.

En supposant que la dynamo est compoundée et donne une force électromotrice constante, on a pour l'intensité I_x du courant débité par la machine génératrice

$$I_x = \frac{E_0 - E_a + I_0(R + r_l - r_x)}{R + r_l} \qquad (5)$$

Si la génératrice est une dynamo en dérivation, on peut appeler constante de proportionnalité h le rapport

$$h = \frac{E_{max.} - E_{min.}}{I_{max.}}$$

entre la tension $E_{max.}$ qui correspond à la marche à vide et celle $E_{min.}$ correspondant à l'intensité maxima $I_{max.}$

La tension E pour une intensité I est alors

$$E = E_{max.} - Ih$$

et l'intensité I_x devient

$$I_x = \frac{E_{max.} - E_a + I_0\,(R + r_l - r_x)}{R + r_l + h} \qquad (6)$$

Cette formule montre que la variation du courant fourni par la génératrice est moindre dans le cas de la dynamo shunt ; mais qu'en revanche la chute de tension au point d'utilisation est moindre dans le cas de la dynamo compound.

L'avantage de l'installation d'une batterie seule en dérivation sur la ligne réside dans la simplicité et l'instantanéité d'action.

Un survolteur met en effet un certain temps à changer son aimantation, et, par suite, sa force électromotrice. Cependant, dans le cas de la batterie seule, la régularité est défectueuse. Aussi ce mode n'est-il admissible que sur des réseaux alimentant uniquement des moteurs ou des tramways.

II. Survolteur shunt. — Ce survolteur est employé dans le cas où l'intensité ne subit pas

de variations brusques. L'induit du survolteur est monté en série avec la batterie ; il ajoute sa tension à celle de la génératrice pour permettre la charge de la batterie. Quand cette charge est terminée, le survolteur est retiré du circuit et la batterie couplée en dérivation sur la ligne décharge parallèlement avec la génératrice, un réducteur permettant de maintenir constante la tension.

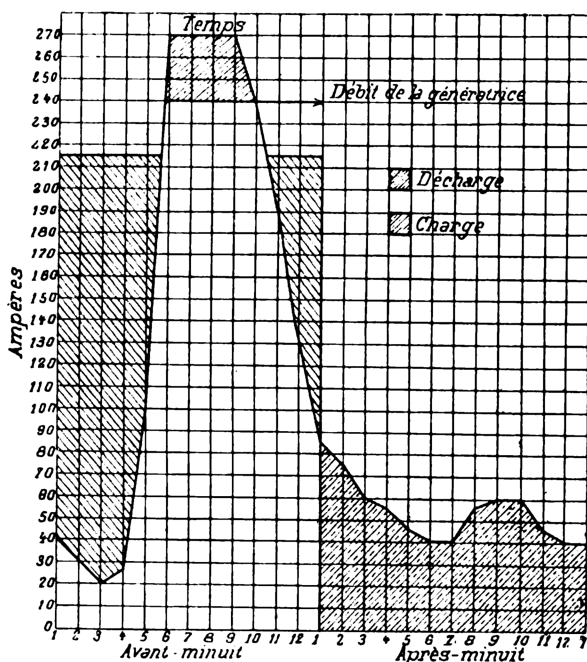


Fig. 1. — Diagramme des variations d'intensité de la génératrice et de la batterie.

La figure 2 représente le schéma du montage ordinairement employé : G est la génératrice, B le survolteur, $S_1 S_2 S_3 S_4$ des interrupteurs, et S_5 le réducteur.

Le diagramme de la figure 1 représente les variations d'intensité de la génératrice et de la batterie, celle-ci assurant seule le service aux heures de faible débit (de 1 heure du matin à 1 heure du soir), débitant en parallèle avec la génératrice au moment de la pointe (de 5 h. 30 à 10 heures du soir) et chargeant enfin dans la journée, de 1 heure à 5 h. 30 du soir et de 10 h. 30 du soir à 1 heure du matin.

En appelant R la résistance de la batterie, y compris celle de l'induit du survolteur, E_0 la tension de la génératrice, E_a la tension de la batterie pour l'intensité I_x, on a pour la tension E_s du survolteur

$$E_s = E_a + RI_x - E_0 \qquad (7)$$

Le nombre d'éléments de la batterie doit être égal à $\frac{E_0}{1,8}$ (61 dans le cas de 110 volts). La tension maxima de la batterie, à la fin de la charge est $2,5 \frac{E_0}{1,8}$. Comme au début de la décharge, la tension est d'environ 2,3 volts par élément, il faut environ 49 éléments pour obtenir 110 volts et le nombre d'éléments de réduction doit être ainsi $61 - 49 = 12$. La tension maxima du survolteur doit être $61.2,5 + RI - 110$, soit environ 44,5 volts dans le cas d'une distribution à 110 volts. En prévision d'un régime de charge plus élevé que le régime normal, le survolteur doit être prévu pour une tension supérieure de 20 p. 100 à la tension théorique.

La puissance du survolteur est déterminée par la tension maxima et l'intensité.

Le survolteur shunt ne s'applique pas au cas des variations brusques, car il ne passe pas automatiquement de la charge à la décharge ; certaines manœuvres sont pour cela nécessaires. En le munissant d'un inverseur d'excitation, il peut aider la décharge de la batterie, sa tension s'ajoutant alors à celle-ci.

III. Survolteur série. — Dans ce cas l'induit du survolteur et son excitation sont montés en série avec la batterie. Quand l'intensité du courant de la batterie est nulle, le survolteur ne donne aucune force électromotrice.

Lorsque la tension du réseau s'élève, un courant de charge passe dans la batterie et provoque dans le survolteur une tension qui tend à augmenter ce courant. Dans le cas d'une baisse de tension, le survolteur provoque une décharge de la batterie. Le rôle de ce survolteur est ainsi de maintenir constante la tension du réseau ; mais il ne peut être appliqué qu'avec les dynamos excitées en dérivation, puisque la tension de la dynamo doit baisser lorsque l'intensité croît, et *vice versa*. Ce système ne convient donc que pour l'alimentation des moteurs ; il est moins employé que celui des survolteurs compound et différentiel.

IV. Survolteur compound. — La figure 3 indique le montage : G est la génératrice shunt, E la batterie, B l'induit du survolteur dont F

et f sont les excitations série et shunt, R est un rhéostat et S un inverseur permettant d'ajouter ou de retrancher les deux excitations, M et N sont des moteurs sur le réseau.

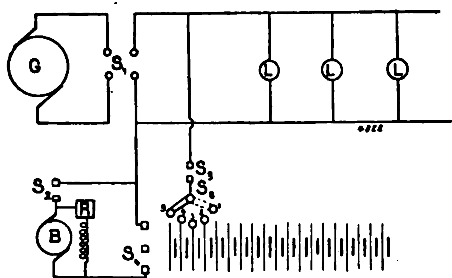


Fig. 2. — Connexions du survolteur shunt B dont l'induit est en série avec la batterie.

En marche normale, l'excitation shunt produit une force électromotrice de même sens que celle de la batterie. E_0 étant la tension de la génératrice, E_a et V, celles de la batterie et du survolteur, on a

$$E_0 - V = E_a \qquad (8)$$

lorsqu'aucun courant ne passe dans la batterie. Lorsque l'intensité d'utilisation croît, E_0 s'abaisse et il y a décharge de la batterie. Ce courant de décharge traversant l'enroulement série, il y a production d'une force électromotrice additionnelle, ce qui accentue encore la décharge. La batterie aide ainsi d'autant plus la génératrice, que l'intensité d'utilisation est plus élevée, de sorte que la tension de la génératrice remonte à nouveau vers sa valeur normale. Quand l'intensité extérieure baisse, c'est un courant de charge qui se produit, accentué par l'excitation série qui donne alors une tension opposée à celle de l'enroulement shunt.

En réalité, il n'y a pas de changements d'état proprement dits ; mais plutôt des tendances à ceux-ci, tendances immédiatement contrariées lors de leur production.

I_0 et I_x étant les intensités du réseau et de la génératrice, l'induit et l'excitation série du survolteur devront être calculés pour une intensité correspondant au maximum de $I_0 - I_x$.

Appelons :

I_a l'intensité moyenne du réseau ;

E_m la tension maxima de la génératrice ;

E_a la tension de la batterie à vide ;

E_n la tension normale de la batterie ;

h la constante de chute de tension de la génératrice, dont la caractéristique est supposée une ligne droite ;

R la résistance intérieure de la batterie :

k la tension de l'induit par ampèretour inducteur, en supposant une perméabilité constante.

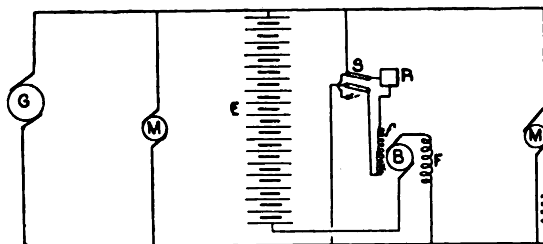


Fig. 3. — Connexions d'un survolteur compound B.

N le nombre d'éléments de la batterie $= \frac{E_a}{2}$.

Le nombre de tours T de l'enroulement série est donné évidemment par l'équation

$$TkI = RI, \qquad \text{d'où} \qquad T = \frac{R}{k} \qquad (9)$$

Quand $I_x = I_0$ il n'y a aucun courant dans la batterie, et

$$E_m - hI_x - V = E_a \qquad (10)$$

d'où

$$I_x = \frac{E_m - V - E_a}{h} \qquad (11)$$

Dans le cas où l'enroulement shunt est en dérivation sur le réseau, toutes ces valeurs sont des constantes, et I_x est constant pour toute valeur donnée de E_a, quelle que soit l'intensité extérieure. Le survolteur fait agir la batterie comme si elle n'avait pas de résistance intérieure.

Dans le cas où l'enroulement shunt est, au contraire, placé en dérivation aux bornes de la batterie, on a

$$I_x = \frac{E_m - \frac{VE_a}{E_n} + I_0 \frac{RV}{E_n} - E_a}{h + \frac{RV}{E_n}} \qquad (12)$$

Ici, le courant de la génératrice varie avec le courant extérieur.

En général, on prend pour la tension V du survolteur correspondant à la tension normale de la batterie, une valeur faible, 5 à 10 volts par exemple. L'excitation shunt doit cependant être capable de maintenir l'équation 10 quand E_a est

minima, ainsi que l'équation suivante

$$E_m - hI_x^2 + V = E_a \text{ max.} \qquad (13)$$

lorsque E_a est maxima, l'excitation étant alors inversée et la tension V opposée à celle de la batterie, ce qui est le cas de la charge.

Comme $E_{a\,\text{max.}} = 1{,}15\ E_a$, on a évidemment $V_{\text{max.}} = 0{,}15\ E_a - V$ dans le cas de l'excitation dérivée sur le réseau, et $V_{\text{max.}} = \frac{0{,}15\ E_a}{1{,}15} - V$, quand l'excitation est prise sur la batterie.

Pour la valeur de $V_{\text{max.}}$ correspondant à E_a min. On a de même $V_{\text{max.}} = 0{,}1\ E_a + V$ dans le premier cas, et $V_{\text{max.}} = \frac{0{,}1\ E_a}{0{,}9} + V$ dans le second, car on sait que $E_{a\,\text{min.}} = E_a \frac{1{,}8}{2} = 0{,}9\ E_a$.

Ces considérations permettent de calculer l'enroulement shunt ainsi que son rhéostat qui doit être capable de faire varier la tension par degrés n'excédant pas 3 volts.

La puissance du moteur de commande doit correspondre à la puissance maxima du survolteur qui survient quand la batterie, à sa tension minima, débite son courant maximum. A la décharge à $I_{\text{max.}}$, la tension du survolteur est égale à $0{,}1\ E_a + V + TkI_{\text{max.}}$, de sorte que la puissance maxima est

$$I_{max}(0{,}1\ E_a + V + TkI_{max})$$

En pratique, comme ce maximum ne dure que très peu de temps, on donne au survolteur 70 p. 100 de cette puissance calculée.

Si le survolteur est monté de telle façon qu'en fonctionnement normal, sa force électromotrice due à l'excitation shunt s'oppose à la force électromotrice de la batterie, on a

$$E_m - hI_x = E_a - V \qquad (14)$$

et le nombre d'éléments de la batterie doit être plus grand que dans le cas précédent. Dans cette hypothèse, l'intensité du courant fourni par la génératrice est

$$I_x = \frac{E_m + \frac{VE_a}{E_n} - I_0 \frac{RV}{E_n} - E_a}{h - \frac{RV}{E_n}} \qquad (15)$$

Cette équation indique que le montage serait irrationnel, puisque l'intensité de la génératrice varierait en raison inverse de l'intensité extérieure, ce qui exposerait la batterie à une décharge excessive au moment du maximum d'intensité.

Le mode d'emploi des survolteurs compound avec batteries reposant sur la variation de tension de la génératrice avec l'intensité, exige que cette génératrice soit une machine en dérivation. La batterie et le survolteur peuvent être placés sur un feeder de tramway au point de chute maxima. La batterie peut aussi aider l'usine génératrice aux pointes du diagramme de consommation, à condition de manœuvrer le rhéostat quand E_a s'abaisse.

Emploi de ce système avec les génératrices compound. — Dans ce cas, une modification des génératrices est nécessaire. L'enroulement série ne peut pas être entièrement supprimé, car la dynamo ne pourrait plus alors fournir la force électromotrice normale à l'intensité normale.

Tout en conservant les enroulements existants, on peut avoir recours à l'artifice représenté en figure 4. G est la génératrice, F et *f* ses

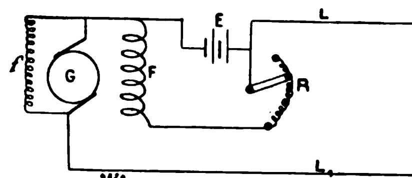


Fig. 4. — Modification à apporter au montage des génératrices compound combinées à des survolteurs compound.

excitations série et shunt, E une batterie d'accumulateurs à faible tension (1 ou 2 éléments, en général), R une résistance variable en tension avec l'excitation série. Quand le débit de la génératrice est normal, la chute de potentiel dans F et R est égale à la tension de la batterie. L'intensité de la machine augmentant, le produit $(F + R)\ I_x$ devient supérieur à la force électromotrice de la batterie E qui se charge. Lorsque le débit de la machine diminue $(F + R)\ I_x$ devient plus petit que la force électromotrice de la batterie qui se décharge. Dans les deux cas, le courant tendra à rester constant dans F + R. L'excitation génératrice peut alors être considérée comme la somme d'une excitation constante et d'une excitation inversement proportionnelle au débit ; sa caractéristique sera ainsi semblable à celle d'une machine shunt.

Les survolteurs étant à grande intensité et à

faible tension exigent des surfaces de collecteurs et de balais beaucoup plus grandes proportionnellement que dans les machines ordinaires. Pour cette raison, et afin d'utiliser les dimensions courantes de collecteurs et de balais, on emploie souvent deux collecteurs placés de chaque côté de l'induit et reliés en parallèle.

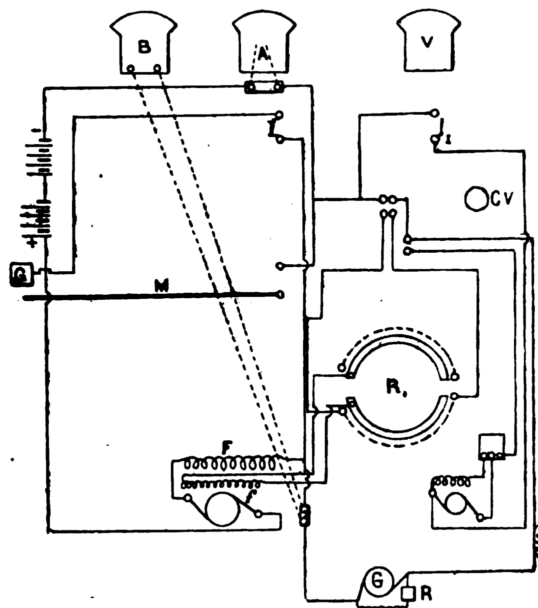


Fig. 5. — Connexions d'un tableau de tramways avec survolteur compound.

En résumé, le survolteur compound est automatique dans certaines limites de charge de la batterie. Le courant de la génératrice variera cependant lors d'une variation sensible de la tension de la batterie, à moins qu'on ne manœuvre le rhéostat de manière à ramener $E_a + V$ à sa valeur normale.

Une variation brusque d'intensité extérieure affectera cependant les lampes et influera un peu sur le débit de la génératrice par suite du retard d'aimantation dans le champ du survolteur. A ce point de vue, le survolteur compound est inférieur aux survolteurs différentiel et à courant constant.

On trouvera en figure 5 le schéma des connexions d'un tableau de tramways avec ce mode de survolteur. Les connexions du voltmètre V n'ont pas été représentées pour simplifier ; elles permettent de lire la tension de la batterie, celle de la batterie et du survolteur, et celle de la génératrice. Les ampèremètres A et B indiquent respectivement les intensités passant dans la batterie et dans la génératrice.

(*A suivre.*)

L. JUMAU.

TRACTION

Protecteur Royle pour voitures de tramways.

Il y a quelques mois la question des protecteurs ou ramasse-corps pour voitures de tramways a été, en Allemagne, l'objet de nombreuses publications, qui ont été signalées dans *L'Éclairage Électrique* (1). A ce propos MM. E.-H. Cadiot nous communiquent une notice relative à un appareil de ce genre, construit par la maison A. Royle de St. Helens (Angleterre).

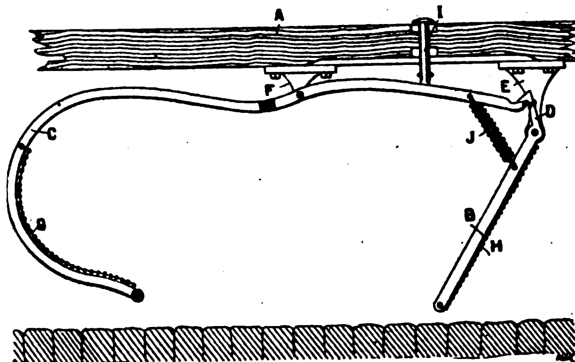


Fig. 1. — Protecteur Royle en position ordinaire.

Cet appareil représenté par les figures ci-jointes, se compose d'un cadre B, sur lequel est tendu un filet H et qui peut tourner autour d'un axe fixé par le support E au truck de la voiture et d'un ramasse-corps C avec filet G, pivoté en F et maintenu dans la position de la figure 1 au moyen du crochet D solidaire du cadre B.

On concoit immédiatement le fonctionnement de l'appareil : Lorsque le cadre B rencontre un corps placé sur la voie, il bascule et, son crochet ne retenant plus le ramasse-corps, celui-ci s'abaisse au niveau du sol et reçoit le corps. En même temps le ressort J relève le cadre B comme il est montré en figure 2, de manière a faciliter

(1) Dispositif de protection contre les accidents de tramways par KOCHS, t. XXI, p. 183, 3 mai et p. CXXXIV, 7 juin 1902. — Chasse-corps et protecteurs de voitures de tramways, t. XXI, p. 186, 3 mai. — Nouvel appareil de sécurité pour voitures de tramways, par BÖHM-RAFFAY, t. XXXII, p. CXL, 6 sept. 1902.

le dégagement du corps quand la voiture est arrêtée.

Pour remettre l'appareil dans sa position normale, le conducteur de la voiture n'a qu'à appuyer sur la pédale I.

Outre sa simplicité de construction et sa

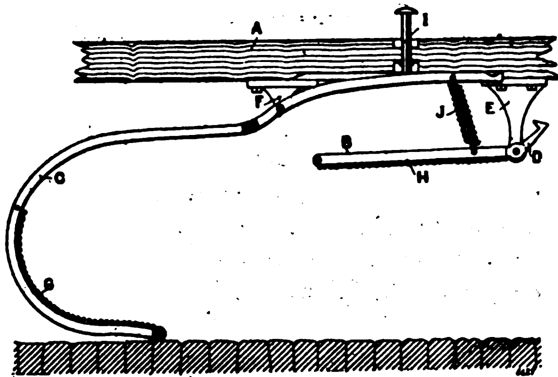


Fig. 2. — Protecteur Royle en position de fonctionnement.

sûreté de fonctionnement, cet appareil présente encore l'avantage de pouvoir être facilement réglé pour n'entrer en action que si l'obstacle présente une certaine hauteur au-dessus du sol, comme le corps d'un homme par exemple, et par suite de n'être pas déclenché par les dénivellations de la voie ou les mouvements de tangage des voitures.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE

Emploi de la résonance dans la télégraphie sans fil, par **M. Wien**. *Drude's Annalen*, t. VIII, p. 686-714, juillet 1902.

L'effet d'une onde électrique qui atteint un cohéreur dépend d'une part de l'intensité absolue de l'onde, d'autre part du degré d'accord entre la période de l'onde et la période propre du récepteur, et enfin de la sensibilité du cohéreur. Or il peut arriver qu'un train d'ondes intenses, ayant une période discordante, tombe sur le cohéreur dans un moment où celui-ci est sensible, ou au contraire, qu'un train d'ondes de période concordante peu intense atteigne le cohéreur dans un moment où celui-ci est peu sensible. Il s'ensuit que, pour obtenir un triage des signaux basé sur la résonance, il faut que la sensibilité du récepteur pour les ondes concordantes soit plus grande, au moins double de sa sensibilité pour les ondes discordantes. Le *rapport de sensibilité* doit donc être au moins égal à 2.

D'ailleurs, plus la discordance est grande, moins le récepteur est sensible. Si on appelle *discordance nécessaire* la différence des fréquences pour lesquelles la sensibilité est égale à une fraction déterminée de la sensibilité maxima, il est évident que cette discordance nécessaire sera d'autant plus petite que la courbe de résonance sera plus aiguë, c'est-à-dire que l'amortissement est plus petit. Plus la discordance nécessaire sera petite, plus d'autre part sera grand le nombre des fréquences, avec lesquelles on pourra télégraphier simultanément.

Il faut tenir compte encore des éloignements différents des transmetteurs. Il résulte, en effet, de cette différence d'éloignement, que les ondes émises par ces transmetteurs arrivent au récepteur avec des intensités inégales. Il faut donc que le rapport de sensibilité soit supérieur à 2. Par suite, la dissonance nécessaire augmente et le nombre des fréquences, avec lesquelles on peut télégraphier simultanément, diminue.

Fréquence et amortissement. — La longueur d'onde des oscillations utilisées dans la télégraphie sans fil est égale à quatre fois la hauteur de l'antenne. En pratique, cette hauteur ne peut guère descendre au-dessous de 25 m (à cause des inégalités du sol), ni être supérieure à 150 m. Il est possible d'augmenter la longueur d'onde en tendant au bas de l'antenne un fil parallèle au sol, ou en y reliant une bobine. De toutes façons on n'a guère dépassé une longueur d'onde de 1 000 m. Les limites des longueurs d'onde seront donc $\lambda = 100$ et $\lambda = 1\,000$ m : soient pour les fréquences $N = 3.10^6$; $(2\pi N = n = 1,88.10^7)$ et $N = 3.10^5$; $(2\pi N = n = 1,88.10^6)$.

L'amortissement résulte : 1° du dégagement de chaleur de Joule dans les fils ; 2° de la dissipation d'énergie dans le diélectrique et dans les condensateurs ; 3° de la présence de l'étincelle ; 4° du rayonnement.

La chaleur de Joule n'a qu'une influence insignifiante vis-à-vis de celle des autres causes. La dissipation d'énergie dans les diélectriques pour les oscillations de haute fréquence, est encore assez mal connue ; mais elle ne doit pas être négligeable. Il vaut donc mieux n'employer que des condensateurs à air ou à huile. La perte d'énergie dans l'étincelle n'est pas non plus exactement connue. Les différents expérimentateurs assignent à la résistance d'une étincelle de lon-

gueur donnée des valeurs très diverses (de quelques dixièmes d'ohms à une dizaine). Il est probable d'ailleurs que cette résistance varie avec la quantité d'électricité que transporte chaque étincelle. En effet, quand on emploie de grandes capacités, on trouve toujours un amortissement par l'étincelle, qui est très faible relativement. M. Wien adopte le chiffre de 1 ohm, qui ne paraît pas être trop petit, eu égard aux quantités d'électricité qui entrent ici en jeu.

L'amortissement par rayonnement est de beaucoup le plus considérable, surtout dans les fils rectilignes, à extrémité libre. D'après les calculs d'Abraham, pour un fil de longueur l, de rayon r dont une extrémité est libre et l'autre reliée au sol, le décrément logarithmique γ a pour expression

$$\frac{2,44}{\text{log. nép. } \frac{2l}{r}}.$$

Pour $r = 1$ mm, on aura

$$l = \frac{\lambda}{4} = 25 \text{ m}, \qquad \gamma = 0,23,$$

$$l = \frac{\lambda}{4} = 250 \text{ m}, \qquad \gamma = 0,19.$$

En résumé, l'amortissemenl total, résultant des causes signalées ci-dessus, est de l'ordre de grandeur de 1/4.

Une difficulté de la théorie tient au rôle mal défini du cohéreur. Agit-il comme une grande capacité, ou comme une grande résistance? Dans tous les cas, on peut le supposer disposé de manière qu'il ne modifie pas les oscillations dans le récepteur et ne trouble pas la résonance si elle existe d'autre part.

Systèmes simples. — Les systèmes simples (Marconi, Slaby, Arco) se composent essentiellement d'un fil vertical isolé (antenne), qui est porté à un certain potentiel et se décharge ensuite dans le sol par l'intermédiaire d'une étincelle. Le récepteur est identique au transmetteur. La communication avec le sol peut être supposée remplacée (pour la théorie) par l'image du fil dans la surface du sol. L'ensemble représenterait donc un fil isolé de longueur double de l'antenne, en somme un excitateur de Hertz; le récepteur serait le résonateur.

La théorie de la résonance entre un vibrateur et un résonateur de Hertz, assez éloignés l'un de l'autre pour que la réaction du résonateur soit négligeable, a été donnée par Bjerknes. Le cohéreur est sensible aux variations de potentiel. C'est donc l'amplitude maxima M de ces variations qu'il faut considérer. S'il y a résonance parfaite, on a, d'après Bjerknes :

$$M = \frac{A}{2n h_1} \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^{\frac{h_2}{h_1 - h_2}}$$

A est un facteur d'intensité; h_1 et h_2 sont les décréments du vibrateur et du résonateur.

Pour $h_2 = 0$,

$$M = \frac{A}{2n h_1}$$

Pour $h_1 = h_2$,

$$M = \frac{A}{2n h_1} \frac{1}{e}$$

On voit qu'il n'y a pas grand avantage à diminuer l'amortissement du résonateur. Comme le récepteur et le transmetteur sont supposés à peu près identiques, on a aussi à peu près $h_1 = h_2$.

Si les amortissements h_1 et h_2 sont égaux, mais les nombres de vibrations n_1 et n_2 différents :

$$M' = \frac{A}{n_1 + n_2} \frac{e^{-\frac{2h}{n_1 - n_2} \text{arc tg} \frac{n_1 - n_2}{2h}}}{\sqrt{h^2 + \left(\frac{n_1 - n_2}{2}\right)^2}}$$

Le rapport $\frac{M}{M'}$ représente ce qu'on a appelé le rapport de sensibilité. C'est en considérant ce rapport comme une fonction de $\frac{n_1 - n_2}{2h}$ qu'on se rend le mieux compte de l'accroissement de sa valeur avec celle de la dissonance.

$\frac{n_1 - n_2}{2h}$	0	1	2	3	4	10	20	30
$\frac{M}{M'}$	1	1,14	1,41	1,76	2,11	4,31	7,93	11,6

Comme il a été dit, pour obtenir une transmission sûre, sans perturbation, il faut que le rapport de sensibilité soit égal au moins à 2. La « dissonance nécessaire » est alors, d'après le tableau :

$$n_1 - n_2 = 7,4\, h$$

d'où :

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{7,4\, h}{n_2} + 1 = \frac{7,4\, h}{2\pi N_2} + 1 = 1 + \frac{3,7\, \gamma}{\pi}.$$

Si nous admettons pour γ la valeur $1/4$,

$$\frac{n_1}{n_2} = 1 + \frac{3,7}{4\pi} = 1,30.$$

Par conséquent, si tous les transmetteurs sont à la même distance du récepteur, on pourra télégraphier simultanément, sans qu'une perturbation soit probable, avec les longueurs d'onde : 100, 130, 169, 220, 286, 371, 482, 627, 815 soit neuf, si on admet comme limites extrêmes

$$\lambda = 100$$

et

$$\lambda = 1\,000 \text{ m}.$$

Si on s'astreint à un rapport de sensibilité plus grand, 4 par exemple, $n_1 - n_2 = 18\,h$ et le nombre des longueurs d'onde utilisables se réduit à 5 : 100, 171, 293, 500 et 855 m.

Si tous les transmetteurs ne sont pas à la même distance et que cette distance puisse se réduire, pour quelques-uns, au tiers, la dissonance devient $n_1 - n_2 = 164\,h$ et il n'y a plus que deux longeurs d'onde possibles : 100 et 355 ou 282 et 1000 m.

Ces résultats sont insuffisants en pratique ; la résonance est trop peu prononcée et d'autre part l'énergie émise est trop faible

Systèmes couplés. — Les systèmes couplés ont été introduits par Braun dans la télégraphie sans fil où ils constituent un grand progrès. Les oscillations sont produites dans un système presque fermé, à faible amortissement, et sont transmises à l'antenne soit par conduction, soit par induction électromagnétique.

Au point de vue de la théorie, la différence entre les deux dispositifs se traduit seulement par des quantités du second ordre (du même ordre de grandeur que l'influence de l'amortissement sur la fréquence [1]).

D'après la théorie, il se produit dans les deux systèmes deux oscillations indépendantes l'une de l'autre et dont les périodes et les amortissements sont en général inégaux.

$$V_1 = A_1 e^{-\delta_1 t} \sin(\nu_1 t + \varphi_1) + B_1 e^{-\delta_2 t} \sin(\nu_2 t + \psi_1)$$
$$V_2 = A_2 e^{-\delta_1 t} \sin(\nu_1 t + \varphi_2) + B_2 e^{-\delta_2 t} \sin(\nu t + \psi_2).$$

[1] Dans un mémoire précédent, M. Wien a étudié d'une manière générale la résonance des systèmes à vibrations amorties (*Wied. Ann.*, LXI, p. 151, 1897). Il considérait dans ce travail l'intensité comme paramètre : ici il s'agit des différences de potentiel ; mais les formules s'appliquent encore avec quelques changements de coefficients.

Les grandeurs ν_1, ν_2, δ_1, δ_2 et $\frac{A_2}{A_1}$, $\frac{B_2}{B_1}$ dépendent des constantes caractéristiques de chacun des systèmes, c'est-à-dire des fréquence n_1 et n_2, des amortissements h_1 et h_2 et des coefficients de liaison

$$\tau_1 = \frac{L_{12}}{L_2} \qquad \tau_2 = \frac{L_{12}}{L_1},$$

(L_{12}, est le coefficient d'induction des deux systèmes ; L_1, L_2 les coefficients de self-induction de chacun d'eux). En outre A_1, B_1 et les phases dépendent aussi des conditions initiales.

Deux cas limites sont à distinguer :

1° La liaison est prépondérante, c'est-à-dire $\tau n > h_1 - h_2$; alors les amortissements δ_1 et δ_2 sont les mêmes ; les fréquences sont différentes.

2° L'amortissement est prépondérant, c'est-à-dire $\tau n < h_1 - h_2$; les fréquences sont égales et les amortissements différents.

1er cas limite. — Par suite de la différence de période des deux oscillations, il se produit des battements. Il résulte de ces battements que le maximum de différence de potentiel dans le circuit secondaire est $\sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$ fois plus grand que la différence de potentiel aux pôles de l'étincelle dans le circuit primaire. En augmentant la capacité et diminuant la self-induction du primaire il est possible d'accroître beaucoup le rapport $\frac{V_2}{V_1}$.

C'est un avantage sur le transmetteur simple, où la différence de potentiel maxima est limitée ; en effet une étincelle « active » ne peut guère dépasser une longueur de 1 cm, ce qui correspond à 30 000 volts environ [1].

[1] Soit par exemple une longueur d'onde moyenne $\lambda = 300$ m (hauteur de l'antenne, $l = 75$ m) ; ou une fréquence

$$N = 10^6 \text{ et } 2\pi N = n = 2\pi\, 10^6.$$

Les caractéristiques du primaire seront :

$$L_1 = 1\,000 \text{ cm} \qquad C_1 = \frac{1}{n_2 L_1} = 0{,}0253 \text{ mf}.$$

W_1 (résistance de l'étincelle) = 1 ohm.

Les caractéristiques du secondaire (antenne) sont d'autre part :

$$L_2 = 4l\left(\text{log. nép.}\,\frac{4l}{r} - 1\right) = 3{,}5\ 10^5 \quad C_2 = 7.10^{-5}\text{mf}.$$

$$W_2 = 2\,L_2\, n\gamma = 175\,\omega.$$

2° cas limite. — Dans ce cas, l'une des oscillations est fortement amortie et n'intervient plus; l'autre est un peu amortie. La liaison des deux systèmes entraîne une diminution de l'amplitude de potentiel; mais en revanche l'amortissement est diminué, ce qui permet de réaliser une résonance plus parfaite [1].

Cas intermédiaires. — Entre les deux cas extrêmes, on peut réaliser des conditions intermédiaires, qui permettent d'obtenir soit une onde puissante, rapidement amortie, mais à grande portée, ou une onde peu intense, mais aussi peu amortie, susceptible d'impressionner seulement les récepteurs à l'unisson avec elle [1].

Récepteur. — Le cohéreur est sensible aux maxima de différence de potentiel. Il faut donc installer le récepteur de manière à accroître l'amplitude des variations de potentiel, c'est-à-dire lui donner une grande self-induction et une faible capacité. On peut rendre l'amortissement du secondaire négligeable vis-à-vis de ceux de l'antenne et de l'onde incidente [2].

On tire de là :

$$h_1 = \frac{W_1}{2L_1} = 5\ 10^5 \qquad h_2 = 2{,}5\ 10^5.$$

On admettra comme coefficient d'induction mutuelle :

$$L_{1\cdot 2} = 10^4.$$

Alors :

$$\tau = 0{,}535 \qquad n\tau = 3{,}4\ 10^6$$
$$\nu = 4{,}58\ 10^6 \qquad \nu_2 = 7{,}98.10^6$$
$$\frac{\nu_1}{2\pi} = 0{,}72\ 10^6 \qquad \frac{\nu_2}{2\pi} = 1{,}27\ 10^6$$
$$\delta_1 = \delta_2 = \frac{h_1 + h_2}{2} = 3{,}75\,10^5,$$

soit pour le décrément logarithmique :

$$0{,}375 = \frac{1}{2{,}67}.$$

Le rapport des amplitudes de potentiel $\frac{V_1}{V_2}$ est à peu près égal à :

$$\sqrt{\frac{C_1}{C_2}} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} = \sqrt{350} = 18{,}7,$$

ou en tenant compte de l'amortissement :

$$18{,}7\, e^{-\frac{\delta_1}{2N\tau}} = 18{,}7.0{,}7 = 13{,}1.$$

Si $V_1 = 30\,000$ volts, on a par suite $V_2 = 40\,000$. Cette augmentation de potentiel a été démontrée expérimentalement par Braun, ainsi que par Slaby et Arco.

L'énergie emmagasinée dans le condensateur est relativement faible :

$$\frac{C_1 V^2}{2} = \frac{2{,}52.10^{-17}(30\,000.10^8)^2}{2} = 1{,}15.10^8 \text{ ergs.}$$
$$= 11{,}5 \text{ watt-sec.}$$

Mais elle est dépensée en un temps extrêmement court, en sorte que la puissance est très grande : 1437 kilowatts. Comme l'effet sur le cohéreur dépend de la puissance, il est possible de télégraphier à longue distance précisément grâce à la rapidité de l'émission de l'énergie, à la forme, pour ainsi dire, explosive de cette émission.

(1) Exemple numérique :

$$\lambda = 300 \text{ m.} \quad N = 10^6 \qquad 2\pi N = n = 2\pi.10^6$$

$$L_2 = 5.10^4 \quad C_1 = 4{,}7\ 10^{-4}\text{mf.} \quad h_1 = \frac{10^9}{2{,}5\ 10^4} \quad \gamma_1 = \frac{1}{100}$$
$$L_2 = 3{,}5\ 10^5 \quad C_2 = 7.10^{-5}\text{ mf.} \quad h_2 = 2{,}5.10^5 \quad \gamma_2 = \frac{1}{4}$$
$$L_{12} = 10^3 \qquad n\tau = 4{,}8\ 10^4 \qquad \tau = 7.10^{-3}$$
$$\delta_1 = 10^4 + 2.3.10^3 = 1{,}23\ 10^4 \quad \gamma_1 = 1{,}23.10^{-2}.$$

L'amortissement est donc devenu environ 20 fois plus petit que celui du système simple. Par contre, l'amplitude est diminuée dans le rapport :

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{nL_{12}}{2W_2}\frac{L_2}{L_1} = 0{,}13.$$

(1) Voici, par exemple, les dimensions de l'excitateur employé par M. Braun à Helgoland.

$$\lambda = 140 \text{ m.} \qquad N = 2{,}14\ 10^6 \qquad n = 1{,}34.10^7$$
$$L_1 = 2\,500 \quad W_1 = 1\,\omega \quad n_1 = 2.10^5 \quad C_1 = 2.7.10^{-3}\text{mf.}$$
$$L_2 = 1{,}52\ 10^5 \qquad h_2 = 5{,}3\ 10^5 \qquad C_2 = 3{,}7.10^{-5}\text{mf.}$$
$$L_{12} = 7.10^3 \qquad n\tau = n.0{,}36 = 4{,}8\ 10^6.$$

Par suite :

$$\nu_1 = 1{,}58\ 10^7 \quad \nu_2 = 1{,}10.10^7 \quad \delta_1 = \delta_2 = \frac{h_1 \times h_2}{2} = 3{,}65.10^5$$
$$\gamma = 0{,}17 = \frac{1}{5{,}9}$$
$$\frac{V_2}{V_1} = e^{-\frac{\delta_1}{2N\tau}}\sqrt{\frac{L_2}{L_1}} = 6{,}2.$$

La liaison est prédominante, quoique les conditions soient intermédiaires entre les deux cas extrêmes : il se produira des ondes puissantes fort amorties, mais qui ne se prêtent pas à une résonance exacte.

(2) La capacité ne peut guère descendre au-dessous de 10^{-5} mf, sans quoi les capacités accessoires auraient trop d'importance. Pour $N = 10^6$, la self-induction serait $2{,}5.10^6$: la résistance d'une telle bobine peut être ramenée sans peine à 0,5 ω ou même moins : l'amortissement du circuit secondaire est au plus 10^2.

Il faut comparer l'effet des ondes de même amplitude provenant des trois formes de transmetteur sur un récepteur identique au transmetteur. L'antenne étant la même, le coefficient d'intensité A (coefficient de Bjerknes) sera le même. Ce qui diffère, ce sont l'amortissement des ondes incidentes et la disposition intérieure du récepteur.

On désignera par N_3 et N_4 les fréquences des oscillations propres du récepteur. Comme on suppose la résonance établie : $n_3 = n_4 = n = n_1 = n_2$. Les amortissements de ces oscillations sont h_3 et h_4, puisqu'on suppose le primaire (antenne) du récepteur disposé comme celui du transmetteur, $h_3 = h_2$.

1. *Transmetteur et récepteur simples.* — Ce cas a été traité ci-dessus.

2. *Transmetteur et récepteur complexes, à liaison prépondérante.* — Les fréquences des oscillations produites dans le récepteur sont les mêmes que celles des oscillations transmises.

L'amortissement est moitié moindre que dans le récepteur simple et par suite l'amplitude plus grande. D'autre part, l'amortissement de l'onde incidente est plus grande que dans ce dernier et l'amplitude diminue parce que l'énergie transmise se répartit entre le primaire et le secondaire du récepteur. Les deux effets se compensent à peu près, en sorte que la quantité d'énergie dans chacun de ces systèmes est la même que dans le récepteur simple. Cependant comme la self-induction est plus grande et la capacité plus petite dans le secondaire que dans le primaire, l'amplitude du potentiel est augmentée dans le rapport :

$$\frac{V_4}{V_3} = \sqrt{\frac{L_4}{L_3}} = \sqrt{\frac{C_3}{C_4}} \quad (^1)$$

La résonance est aussi prononcée que dans le cas des appareils simples ; la « dissonance nécessaire » doit atteindre 30 p. 100 pour obtenir le rapport de sensibilité 2. Il s'ensuit qu'il peut se produire facilement des mélanges entre les diverses stations. Par contre, la portée des signaux est très grande, environ 35 fois plus grande, si on admet que l'amplitude du potentiel diminue comme l'inverse de la distance.

Transmetteur et récepteur complexes à amortissement prépondérant. — Les deux ondes du transmetteur ont des périodes égales, mais des amortissements inégaux. De même dans le récepteur. Il suffit de considérer l'onde la moins amortie.

D'après la théorie de Bjerknes, on obtient dans le cas actuel à peu près la même amplitude maxima en permutant les amortissements du transmetteur et du récepteur et en supposant qu'un train d'ondes sans amortissement tombe sur un système très amorti.

On trouve que l'amplitude maxima est environ 10 fois plus grande que dans le système simple et 4 fois plus grande que dans le système à liaison prépondérante. La portée n'est pas beaucoup plus grande que dans le système simple, mais la résonance est plus accusée (fig. 1).

Si on juge le rapport de sensibilité 2 suffisant, on pourra télégraphier simultanément à la même distance avec 680 longueurs d'onde comprises entre 100 et 1 000 m. En adoptant pour plus de sûreté le rapport de sensibilité 4 et admettant que la distance puisse varier de 1 à 10, on pourra encore utiliser 49 transmetteurs en même temps.

Il est à remarquer que l'accord des périodes du transmetteur et du récepteur doit être très exact, surtout pour les deux systèmes à faible amortissement : primaire du transmetteur et secondaire du récepteur. Les fréquences ne doivent pas différer de plus de 1/1000.

On ne peut se dissimuler d'ailleurs que ce système, basé sur une quadruple résonance et renfermant des organes aussi capricieux que l'étincelle et le cohéreur, constitue un ensemble très délicat. En considérant le problème de la télégraphie simultanée comme résolu par la théorie précédente, au moins pour les faibles portées, il resterait à savoir ce que peut réaliser la pratique. Les points les plus importants sont le rôle de l'étincelle et celui du cohéreur ; l'influence de la première sur l'amortissement du primaire et du second, sur la résonance. Une perturbation des systèmes à faible liaison par les ondes des transmetteurs à liaison prépondérante est peu à craindre. Les oscillations de grande longueur d'onde seraient réservées au service à longue portée ; les autres (au-dessous de 500 m) au ser-

(1) Dans l'exemple numérique,

$$L_3 = 3{,}5\ 10^6 \qquad L_4 = 2{,}8\ 10^6\,;$$

d'où

$$V_4 = 2{,}7\ V_3,$$

l'avantage n'est donc pas très grand.

vice à faible portée, avec des systèmes à faible liaison.

« On se représente ainsi qu'il suit le fonctionnement d'une station côtière par la télégraphie sans fil. D'une distance de plusieurs centaines de

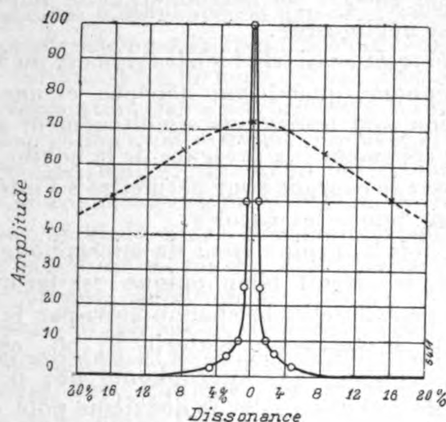


Fig. 1.

kilomètres, la station est prévenue, par les systèmes à liaison prépondérante installés pour le service lointain et réservés à quelques communications importantes, de l'approche d'un navire. A la suite de cet avertissement, on prépare la communication à faible distance, en mettant en fonctionnement le système à faible liaison, en résonance avec le transmetteur du navire. Quand le navire est entré dans la zone de faible portée, on peut commencer l'échange général de dépêches avec les passagers. Grâce à la netteté de la résonance, il est possible de télégraphier simultanément avec plusieurs navires ou avec plusieurs appareils installés sur un grand navire. » M. L.

Utilisation des fils télégraphiques ou des fils de signaux comme réseau téléphonique dans le service des chemins de fer, par **Franz Nissl.** *Zeitschrift für Elektrotechnik*, t. XX, p. 370, 27 juillet 1902.

L'idée de tirer parti des installations télégraphiques ou des lignes de signaux existantes pour le téléphone n'est pas nouvelle; un grand nombre de dispositifs ont été proposés pour permettre cette double communication. Le suivant semble dépasser en simplicité tout ce qui a été fait jusqu'ici. Les figures 1, 2 et 3 schématisent ce procédé. Les figures 1 et 3 représentent deux postes intermédiaires réunis par le fil télégraphique 1, 2, 3, 4, 5; la figure 2 représente un poste mobile ou une station terminus.

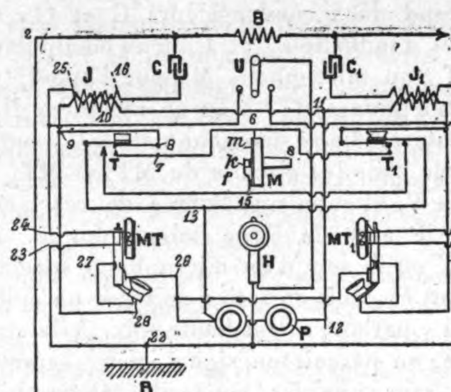


Fig. 1.

Fig. 2

Fig. 3.

Fig. 1 et 3. — Postes téléphoniques établis sur le fil télégraphique 12 345.
Fig. 2. — Poste terminus ou poste volant.

L'appareillage d'une station intermédiaire

comprend deux condensateurs C et C_1, deux bobines d'induction J et J_1, deux manipulateurs T et T_1, un microphone M pour l'appel, deux microtéléphones MT, MT_1, un récepteur H qui, par l'intermédiaire du commutateur U, peut être intercalé dans les circuits de MT ou MT_1, une batterie P, et enfin une bobine de réactance B en série avec la ligne télégraphique. Pour l'appel, on se sert d'un microphone spécial M, qui peut être mis en action soit par un sifflet *s*, soit en y parlant à très haute voix. A la station voisine, on perçoit un signal clair, caractéristique, sans que les appareils télégraphiques soient le moins du monde influencés. Ce microphone est composé d'une membrane en charbon *m* et d'un bloc *k* également en charbon qui est pressé par le ressort *f* contre la membrane. Faisons abstraction de la figure 2 et supposons que le poste 1 demande la communication au poste 3. L'employé presse le manipulateur T, puis il crie devant le microphone M ou actionne le sifflet *s*; il se produit à la station 3 un bruit très perceptible.

En abaissant le manipulateur T, le circuit du microphone M (appel) se trouve fermé par 6, 7, 8, 9, le primaire de J, 10, 11, la batterie P, 13, T, 15. Le courant alternatif induit dans le secondaire de J passe, par 16 et le condensateur C, dans le circuit extérieur 2 (la bobine de réactance B lui barre le chemin vers 1), 3, 4, 17, par le condensateur C_3, le secondaire de J_3, 18, 19, traverse l'enroulement du microphone MT_3 et revient par 20, 21, à la terre R_3 qui sert de fil de retour, retourne à la station 1, où il pénètre par R, 22, 23, l'enroulement du microphone MT, 24, 25, et enfin gagne le point de départ 16 par le secondaire de J.

Au poste 3, le récepteur H fera entendre un son très net. Pour débarrasser l'employé du souci de savoir si l'appel vient de droite ou de gauche, on peut donner aux membranes des grandeurs ou des épaisseurs différentes, de sorte que chacune émettra un son correspondant à l'un ou l'autre poste; mais ce détail n'a pas grande importance, car si, par hasard, l'employé est obligé de prêter l'oreille aux deux microphones MT_3 et MT_4, la perte de temps ne sera pas bien grande.

Nous devons faire remarquer que ce dispositif n'empêche pas complètement que la conversation destinée à 3 ne soit aussi entendue de la station antérieure de 1, c'est-à-dire qu'une fraction du courant ne soit dérivée vers la ligne 1. Pour remédier à cet inconvénient, il faudrait utiliser des bobines de réactance de dimensions exagérées; mais, comme le téléphone est uniquement réservé au personnel, cette imperfection est négligeable.

On perçoit aussi très bien les signaux du Morse au téléphone, quand une dépêche et une conversation sont transmises simultanément sur la ligne; cependant, la présence de la bobine affaiblit assez le courant pour permettre à l'intéressé de saisir toutes les paroles.

Une fois le manipulateur du microphone MT_3 abaissé, le circuit téléphonique est fermé. Au poste transmetteur, le chemin suivi par le courant est le suivant : batterie P, 26, clef du microtéléphone, 27, microphone, 28, 9, primaire de J, 11 et 12, et le deuxième pôle de la batterie. La marche du courant induit dans le réseau extérieur est identiquement la même que celle du courant d'appel.

On peut avoir besoin d'écouter avec deux récepteurs; on met alors en circuit le téléphone H au moyen du commutateur bipolaire U que l'on tourne à droite ou à gauche, selon que la communication a lieu dans un sens ou dans l'autre.

Comme on le voit sur les figures 1 et 3, l'équipement complet d'une station comprend deux postes téléphoniques; il est donc possible d'échanger deux conversations dans deux directions contraires, pourvu que les bobines de self-inductance soient convenablement choisies.

La figure 2, comme nous l'avons déjà dit, est le schéma du montage d'un poste mobile et d'une station terminus. Dans le cas d'un poste mobile, l'appel se fait comme pour les autres; seulement il est entendu des deux stations voisines, ce qui n'est pas non plus un bien grand inconvénient; si toutefois cette installation, toute provisoire, doit subsister quelque temps, il est facile de convenir d'un signal pour chaque station. Le dispositif terminus ne diffère de celui d'un poste volant que parce qu'il possède en plus la bobine de réactance et tous les appareils pour télégraphie et signaux. T. Pausert.

Contribution à l'étude de l'arc chantant, par **A. Masini**. *L'Elettricista*, t. XI, p. 233, 1er octobre 1902.

Etant donné un arc à courant continu, aux

pôles duquel on dérive un circuit contenant une capacité C et une self-induction L, il se produit dans ce circuit un courant alternatif dont on admet la période T donnée par la formule $T = 2\pi\sqrt{LC}$. L et C seraient les seuls facteurs susceptibles d'influencer la période ; on n'a pas mesuré directement la fréquence du courant [1] pour vérifier cette formule ; c'est précisément cette vérification que s'est proposée A. Masini.

La disposition expérimentale employée est celle-là même de Duddell ; le circuit dérivé contient, outre le condensateur et la bobine de self-induction, un fil de sonomètre dont on peut faire varier la tension au moyen d'une vis ou la longueur vibrante au moyen de deux curseurs.

C'est ce fil qui sert à la mesure de la période du courant dérivé. Pour cela l'auteur utilise une propriété déjà appliquée maintes fois dans le même but : un fil parcouru par un courant et placé dans un champ magnétique tend à se déplacer normalement aux lignes de force du champ ; si le courant est alternatif, le fil est sollicité à se mouvoir alternativement dans un sens et dans l'autre, c'est-à-dire à accomplir des vibrations dans un plan normal aux lignes de force magnétique.

Le fil employé par Masini était tendu sur le sonomètre, et, au milieu environ de la partie vibrante, était placé un aimant permanent en fer à cheval, de sorte que le fil passait entre ses branches et normalement aux lignes de force. Pour que le mouvement vibratoire soit régulier, il faut que le fil soit susceptible de vibrer avec la même période que le courant alternatif qui le traverse, ce que l'on obtient en réglant sa longueur et sa tension.

Quand l'arc émet un son, le sonomètre rend un son identique, si les conditions de longueur et de tension du fil conviennent. La résonance n'est pas mécanique, car on peut placer l'arc et le sonomètre dans des pièces différentes sans altérer le phénomène, d'ailleurs il arrive souvent que le sonomètre, s'il est approximativement accordé avec l'arc, rend un son avant lui. Lorsque l'arc chante, si l'on fait varier la tension du fil, on observe que le maximum d'intensité donnée par le fil a lieu lorsqu'il est à l'unisson de la note émise par l'arc.

La note donnée par l'arc n'est pas constante et on ne peut admettre qu'il s'agisse d'harmoniques ; on observe qu'il faut changer la tension du fil vibrant pour qu'il continue à répondre. Ainsi, au changement de note de l'arc, correspond un changement dans la période du courant dérivé, le nombre d'alternances du courant se maintient toujours égal au nombre d'oscillations complètes propres de la note émise par l'arc.

La mesure de la période peut s'obtenir à l'aide d'un diapason.

L'auteur conclut de ses observations qu'il n'est pas exact d'admettre que le circuit dérivé est parcouru par un courant alternatif dont la période dépend seulement de la capacité et de la self-induction comme l'indique la formule $T = 2\pi\sqrt{LC}$. L'arc a une tendance à donner des pulsations de période propre correspondant aux conditions instantanées dans lesquelles il se trouve ; de même le circuit dérivé, indépendamment de l'arc, a une tendance à donner des oscillations dépendant de sa capacité et de sa self-induction ; la période observée est la résultante de ces deux actions.

D'après ces expériences, il semblerait que, d'accord d'ailleurs avec les résultats d'autres expériences, l'arc ne peut pas être considéré comme une simple résistance, et qu'il y existe une force contre-électromotrice propre.

La méthode proposée par Janet [1] pour la mesure de la self-induction au moyen de l'arc chantant ne serait pas applicable puisqu'elle repose précisément sur la formule $T = 2\pi\sqrt{LC}$. L'auteur a, en effet, vérifié que si l'on fait varier la capacité et la self-induction du circuit, la variation observée de la note n'est pas celle que l'on déduit de la formule.

Peukert [2] avait annoncé que le courant alter-

(1) Rappelons que peu de temps avant la publication du travail de M. Masini, *L'Eclairage Électrique* publiait (t. XXXII, p. 354, 6 septembre 1902) le résumé d'une communication faite par M. Tissot au Congrès de Montauban de l'Association française pour l'avancement des sciences, communication dans laquelle l'auteur décrivait des expériences faites en vue de la vérification de la formule $T = 2\pi\sqrt{LC}$, avec mesure directe de T.

Ajoutons d'ailleurs que, d'après les expériences de M. Tissot, la relation précédente est exacte, contrairement à la conclusion que M. Masini tire de ses résultats. N. d. l. R.

(1) Janet, *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 452. *L'Éclairage Électrique*, t. XXX, p. 411.

(2) Peukert. *Elektrotechnische Zeitschrift*, p. 467, 6 juin 1901.

natif n'a lieu dans le circuit dérivé que si l'arc chante ; or, l'auteur a observé que souvent le sonomètre vibre avant que l'arc ait commencé à émettre un son.

Masini a vérifié, autant que le permet l'instabilité de la note de l'arc, la formule $L \omega I = D$, où ω désigne la période d'alternance et D la force électromotrice alternative aux pôles de l'arc. G. Goisot.

ÉCLAIRAGE

Lampe électrique au mercure de P. C. Hewitt, par **M. von Recklingshausen.** *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 492-496, 5 juin 1902.

L'idée de construire une lampe à arc avec des électrodes de mercure n'est pas nouvelle et de nombreuses tentatives ont été faites dans ce sens, sans qu'aucun des systèmes proposés jusqu'ici ait été susceptible d'applications réellement pratiques.

Dès 1860, Way établissait un appareil formé de deux réservoirs de mercure placés à des niveaux différents et reliés chacun à l'un des pôles de la source d'électricité. Du réservoir le plus élevé coulait vers le réservoir inférieur une veine de mercure très fine, qui donnait passage au courant. Par suite de la grande résistance de cette veine qui avait une très faible section, le mercure s'échauffait beaucoup et se réduisait en vapeur. Il en résultait l'interruption du circuit métallique et la formation d'un arc entre les deux pôles par l'intermédiaire de la vapeur de mercure sous la pression atmosphérique.

Rupieff, en 1879, forme les deux pôles par les deux branches d'un tube en U renversé : l'arc se produit dans la courbure qui peut être vide ou renfermer de l'air. La lampe de Rizet ne diffère de celle de Rupieff qu'en ce que la courbure est remplie d'azote. Langhans (1882) emploie également un tube en U dont les branches renferment un métal ou un métalloïde et la courbure, les vapeurs de ce corps. Arons a fait de 1892 à 1896 une étude détaillée de l'arc au mercure, obtenu aussi dans la courbure d'un tube en U renversé. Il insiste sur ce que le vide doit avoir été fait au-dessus du mercure. Il ne réussit à obtenir une marche régulière de la lampe qu'en employant une différence de potentiel beaucoup plus élevée que celle utilisée par la lampe et en insérant dans le circuit une résistance-lest considérable. Cette résistance est nécessaire d'autre part pour éviter la mise en court-circuit pendant l'allumage.

Arons a étudié spécialement la résistivité de la vapeur de mercure, mais il n'a pas réussi à trouver une formule définitive pour représenter cette résistivité en fonction des divers paramètres dont elle dépend. En particulier, il ne paraît pas avoir insisté d'une manière suffisante sur l'influence très grande qu'exerce la pression. En outre, l'élévation de température considérable que subit la lampe est la source de grosses difficultés. Finalement, il l'a plongée dans l'eau et effectué les mesures à partir du moment où l'eau était entrée en ébullition. Mais ce dispositif augmentait beaucoup plus les chances de rupture. Aussi sa lampe n'a pu entrer dans la pratique courante et son usage est resté limité à des expériences de laboratoire.

Récemment, P. Cooper Hewitt a pu découvrir le rôle qu'il fallait assigner à chacun des facteurs qui influent sur la résistivité du gaz et utiliser ces données pour construire des lampes à arc dans les gaz ou les vapeurs qui sont susceptibles d'un usage pratique.

En particulier, Hewitt a montré combien la pression influe sur les propriétés électriques et sur le rendement lumineux d'un gaz traversé par un courant.

Construction de la lampe Hewitt. — 1. *Electrodes.* — La lampe Hewitt est constituée par un tube à gaz fermé, portant à ses extrémités deux fils de platine scellés dans le verre, qui communiquent avec les électrodes intérieures. Ces électrodes intérieures sont en mercure toutes les deux, ou bien l'électrode négative est en mercure et l'électrode positive est en fer (ou en nickel). Les électrodes en fer ont la forme d'un creuset renversé. Autour de la cathode, le verre est recouvert extérieurement d'une armature métallique qui est reliée par un fil au pôle positif (fig. 1).

2. *Colonne gazeuse.* — La longueur de la colonne gazeuse qui sépare les électrodes dépend de la caractéristique électrique qu'on veut réaliser et de la quantité de lumière qu'on veut obtenir. Elle est en général rectiligne, mais elle peut être courbe à condition de placer convenablement les électrodes. Les lampes les plus longues qui aient été construites jusqu'ici ont 3 m de long et environ 5 cm de diamètre, les plus petites, fonctionnant sous 100 volts, 20 cm de long et 2,5 cm de diamètre.

Quelques lampes ont reçu aussi la forme de spirales, ou la forme en N, en W, en II ou X.

3. *Réfrigérant.* — Le tube de la lampe porte quelque part un renflement en forme de boule

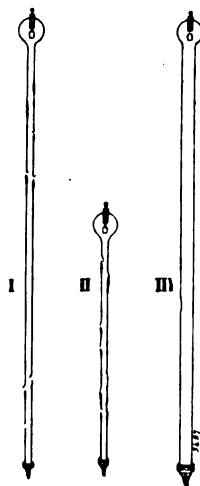


Fig. 1. — Modèles de lampes Hewitt.

	I	II	III
Longueur . .	135	67,5	135 cm
Diamètre . .	19,2	19,2	38,5 mm
Voltage . . .	90	46	46

ou de poire, qui en général n'est pas traversé par le courant. Le but de ce dispositif est de maintenir la pression du gaz assez basse dans l'intérieur du tube pour que l'intensité du courant reste dans les limites voulues. Plus la surface du réfrigérant est grande, plus la pression reste basse. Elle doit être dans un rapport bien déterminé avec la longueur de la colonne gazeuse.

Le vide a été fait dans la lampe et elle ne contient pas d'autre gaz que la vapeur de mercure provenant des électrodes : la pression est égale à la force élastique maxima de cette vapeur à la température de la lampe, soit environ 2 mm dans les conditions normales. La température des parois est telle qu'on peut encore les toucher.

Propriétés de la lampe. — 1. *Caractéristique* (en courant continu). — La différence de potentiel aux bornes de la lampe est proportionnelle à la longueur et inversement proportionnelle au diamètre de la colonne gazeuse, toutes choses égales d'ailleurs, dans les conditions de meilleur rendement. Dans ces conditions, la différence de potentiel varie très peu avec l'intensité du courant : une variation du simple au double de cette dernière entraîne seulement une variation de quelques centièmes sur la différence de potentiel.

Le rendement (nombre de bougies par watt), s'apprécie facilement d'après la forme de la caractéristique. La figure 2 représente une forme type de cette caractéristique. Le point de départ correspond à l'intensité la plus faible (3 amp.) sous laquelle la lampe peut fonctionner : au-dessous la lampe s'éteint. Le rendement est

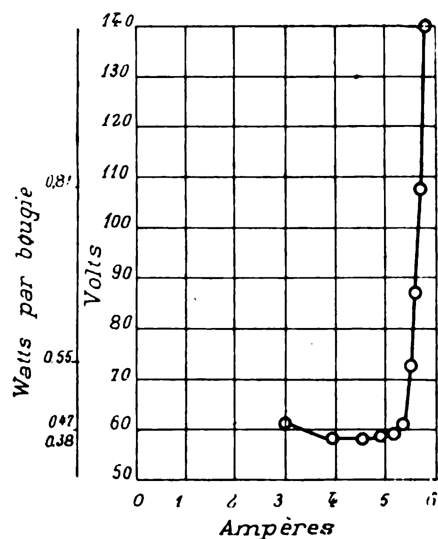


Fig. 2. — Caractéristique type d'une lampe Hewitt.

alors de 0,5 watt par bougie environ : l'intensité venant à croître, la différence de potentiel tombe un peu (dans quelques cas particuliers, cette chute peut atteindre 10 p. 100). Au-dessus de 5 ampères, la différence de potentiel croît rapidement et le rendement devient très médiocre. Les conditions de rendement les plus favorables correspondent à l'extrémité du palier de la courbe, là où elle commence à se redresser.

On réalise ces conditions en choisissant une longueur de lampe appropriée au voltage utilisé et en insérant dans le circuit une résistance-lest convenable. Cette résistance doit être telle qu'elle réduise le voltage de la distribution des 5 à 20 p. 100 de sa valeur. Mais, par la construction de la lampe, on peut diminuer cette perte jusqu'à 1/2 p. 100.

Le facteur le plus important dans le fonctionnement de la lampe Hewitt est la résistance et, par suite, la pression du gaz dont elle dépend. La pression du gaz est réglée par la température et celle-ci par le rayonnement vers l'extérieur.

La quantité de chaleur que la lampe rayonne est fonction de la température ambiante et de la surface du réfrigérant. On choisit cette surface de façon que la lampe fonctionne dans les conditions les plus économiques à la température ordinaire.

Les caractéristiques de la figure 3 montrent bien comment elles dépendent de la température ambiante.

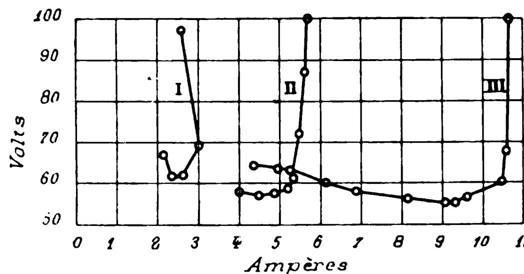


Fig. 3. — Caractéristiques pour diverses températures ambiantes.

I. Lampe protégée contre le rayonnement; — II. Même lampe à la température ambiante; — III. Même lampe à l'air libre par un temps froid : dans ce cas on obtient la courbe II dans une lanterne.

L'influence de la température extérieure est encore accusée par la lenteur avec laquelle la différence de potentiel suit les variations de l'intensité; il faut un temps très appréciable pour que le nouveau régime de température s'établisse.

On dispose donc de la longueur et du diamètre de la colonne gazeuse, de la pression et des dimensions du réfrigérant. En réglant ces éléments, on arrive à réaliser des lampes dont la caractéristique électrique et le nombre de bougies sont donnés, aussi bien que s'il s'agissait de lampes à incandescence.

2. *Allumage de la lampe : phénomènes aux électrodes.* — La lampe Hewitt ne s'allume pas quand on ferme son circuit sur la différence de potentiel normale. Cette résistance à l'allumage paraît avoir son siège dans l'électrode négative. Elle est plus faible de beaucoup quand la lampe est chaude et diminue par le repos. Pour obtenir l'allumage, il faut faire agir sur la lampe momentanément une grande différence de potentiel : l'effet en est beaucoup accru par l'armature qui entoure le pôle négatif et est reliée au pôle positif. Il arrive souvent que plusieurs « poussées » de ce genre sont nécessaires ; leurs effets paraissent s'additionner. Pour les produire, on dispose dans le circuit un solénoïde M à noyau de fer doux (fig. 4). Au moyen de l'interrupteur A, on relie un instant l'extrémité de ce solénoïde à l'autre pôle de la source par l'intermédiaire d'une faible résistance W. Quand on ouvre l'interrupteur, la

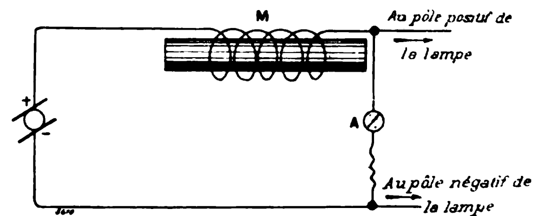


Fig. 4. — Dispositif d'allumage de la lampe Hewitt.

lampe est traversée par le courant de rupture qui provoque l'allumage (en courant continu).

Il résulte évidemment de cette résistance à l'allumage qu'il faut, pour alimenter la lampe en courants alternatifs, un voltage beaucoup plus grand, puisque l'allumage doit se reproduire à chaque phase. Par exemple avec une lampe de 100 volts-2 ampères en courant continu, il faudrait 5 000 volts en courant alternatif [1].

3. *Transport de mercure.* — Dans certaines lampes, on constate un transport de mercure dans le sens du courant. Ce transport est sans doute dû uniquement aux différences de température, car on le fait disparaître en ménageant autour des deux électrodes des ampoules de condensation un peu grosses.

Une lampe placée en plein air par un temps très froid ne donne d'abord de lumière qu'au voisinage immédiat du pôle positif, ce qui semble indiquer un dégagement de chaleur plus considérable dans cette région. Sur la

[1] La diminution de la résistance à l'allumage sous l'action d'une poussée de potentiel paraît ne se produire que si l'électrode négative est susceptible d'éprouver une modification d'état physique.

L'expérience suivante montre bien que le siège de la résistance initiale à l'allumage est l'électrode négative. La lampe porte vers le milieu du tube une électrode auxiliaire à mercure. Entre l'électrode supérieure (positive) et l'électrode médiane la différence de potentiel est de 28 volts, entre celle-ci et l'électrode inférieure, 44 volts. Cependant, si on relie l'électrode médiane à l'électrode inférieure par un fil, le courant ne change pas de route : il faut que l'électrode auxiliaire ait subi la « poussée » de potentiel pour livrer passage au courant. Des mesures plus précises décèlent toutefois le passage d'un très faible courant par l'électrode auxiliaire.

surface de l'électrode négative, on aperçoit un point brillant qui se déplace rapidement et souvent s'enfonce dans une dépression de la surface profonde de plusieurs millimètres. On supprime ce déplacement en faisant passer le fil de platine au-dessus de la surface du mercure. La luminescence du gaz commence à environ 2 cm au-dessus de l'électrode. Une espèce de flamme semble sortir du point brillant.

4. *Rendement : couleur de la lumière.* — Le rendement lumineux est très élevé ; jusqu'à 0,33 ou 0,40 watt par bougie. La lumière est très tranquille, et d'apparence blanche ou, si la lampe renferme exclusivement du mercure, d'une nuance pâle bleu verdâtre : le spectre ne renferme pour ainsi dire aucune radiation rouge. Pour éviter la couleur cadavérique que donne cette lumière aux visages, on a employé avec succès des tissus transparents teints avec des matières auxquelles elle communique une fluorescence rouge.

La lumière de la lampe à mercure est très active au point de vue chimique. Pour la même durée d'exposition, elle permet d'obtenir des diapositifs avec une dépense d'énergie 30 fois plus faible que par la lampe à arc ordinaire, ce qui tient aussi à ce qu'on peut approcher beaucoup la lampe des plaques, en raison de sa forme.

Il semble aussi que cette lumière soit beaucoup moins fatigante pour les yeux que toute autre.

M. L.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET TECHNIQUES

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du Vendredi 21 novembre 1902.

M. **Houllevigue** expose son ***Procédé de préparation de lames minces métalliques par projection cathodique***, procédé pour lequel il propose le nom d'*ionoplastie*.

L'Éclairage Électrique a déjà fait connaître, dans son numéro du 8 novembre (p. 216) quelques résultats de ces recherches ; M. Houllevigue complète ces premières indications. Quatre nouveaux métaux ont déjà fourni des lames minces par ionoplastie ; ce sont : l'or, l'argent, le zinc et l'étain. Le nombre total est actuellement de onze. L'or a donné une très belle lame verte par transparence et présentant un grand pouvoir réfléchissant. L'argent a été obtenu en couches variant depuis une épaisseur extrêmement mince, probablement inférieure à la limite 30 $\mu\mu$ obtenue par les procédés chimiques, jusqu'à une lame présentant l'opacité absolue, c'est-à-dire laissant voir à peine le disque solaire. Il ne semble qu'il y ait de limite supérieure à l'épaisseur qu'on peut atteindre. Une lame de cuivre a présenté un phénomène singulier ; d'abord verte par transparence sur toute son étendue elle a subi une transformation graduelle partant des bords de la plaque de verre et qui a eu pour effet de rendre sa couleur jaune en diminuant notablement son opacité. M. Houllevigue pense que la cristallisation en fougères, facile à observer au microscope, qui a accompagné ce changement d'aspect, s'est arrêtée, parce que l'épaisseur devenait inférieure aux plus petites dimensions que puisse présenter un cristal.

L'aspect des lames minces varie beaucoup ; les lames de fer, de nickel et de cobalt, qu'on obtient très aisément, ne sont pas rayées par un morceau de drap, tandis que les lames d'argent présentent des piqûres quand on les nettoie à l'aide d'un simple blaireau. Les métaux semblent se classer, au point de vue de la solidité des lames, en groupes sans relation avec le poids atomique.

La cathode commence par évacuer les gaz inclus, avant que le métal ne se pulvérise ; M. Bouty se demande s'il n'arrive pas quelquefois que les impuretés ne se séparent avant la masse du métal, de sorte que la nature chimique de la lame serait incertaine. M. Houllevigue indique que, dans une expérience où il se servait d'une cathode d'argent contenant du cuivre, il a vu la surface de cette cathode se cuivrer, ce qui indiquerait que l'argent se séparerait d'abord et irait constituer la lame déposée, mais il n'est nullement certain que l'inverse ne se produise dans certains cas.

M. Broca rappelle qu'il a étudié le pouvoir rotatoire magnétique d'une lame de fer déposé

électrolytiquement sur du verre platiné [1] ; il a pu se faire une idée de l'épaisseur en mesurant la quantité d'électricité qui avait servi à produire le dépôt. La valeur du pouvoir rotatoire qu'il a obtenue est d'accord avec le nombre qu'on peut déduire de l'évaluation de l'épaisseur des lames préparées par M. Houllevigue.

M. **Carvallo** relève d'abord une faute d'impression qui se trouve, sinon peut-être la dernière, du moins dans les récentes éditions du *Formulaire de l'Électricien*, de M. Hospitalier. L'expression du coefficient de self-induction d'une bobine qui ne porte qu'une seule couche de fil est, en appelant l la longueur de la bobine, S sa surface, N le nombre de tours de fil :

$$L = \frac{4\pi N^2 S}{l}.$$

Quand la bobine porte plusieurs couches et que ses rayons extrêmes sont R et r, le formulaire donne pour L l'expression inexacte

$$L = \frac{4}{3}\pi^2 \frac{N^4}{l^3}(R - r)(R^3 - r^3)$$

qui doit être remplacée par la suivante :

$$L = \frac{4}{3}\pi^2 \frac{N^2}{l} \frac{R^3 - r^3}{R - r}.$$

On peut faciliter la mémoire de cette nouvelle formule et sa comparaison avec la précédente en l'écrivant :

$$\left(4\pi \frac{N^2}{e}\right)\left(\pi \frac{R^3 - r^3}{3(R - r)}\right).$$

Le second facteur devient, en effectuant la division :

$$\pi \cdot \left(\frac{R^2 + Rr + r^2}{3}\right).$$

ce qui est la surface d'un cercle dont le rayon est compris entre R et r; ce terme se réduit évidemment à S lorsque R et r deviennent égaux.

M. Carvallo passe ensuite à l'objet principal de sa communication qui est l'***application de la loi des travaux virtuels aux phénomènes naturels.***

Il présente à la Société le volume qu'il vient de publier dans la collection *Scientia* (Naud, éditeur) sous le titre : *L'Électricité déduite de l'expérience et ramenée au principe des travaux virtuels*, où sont exposées sous une forme très condensée les idées de Maxwell et aussi les idées personnelles de l'auteur. Maxwell a abordé, en appliquant les équations de Lagrange, l'étude des phénomènes d'induction et, plus généralement, des phénomènes électriques dans des circuits filiformes. M. Carvallo a étendu cette étude au cas le plus général ; il a constaté que la loi des travaux virtuels s'appliquait à tous les phénomènes électriques. Il pense que l'application de la loi ne se borne pas là, mais qu'elle s'étend à tous les phénomènes de la nature. C'est une loi tout aussi générale que la loi de la conservation de l'énergie. Celle-ci n'est elle-même qu'une des faces multiples de la loi des travaux virtuels. La loi des travaux virtuels s'énonce : le travail est nul dans tout déplacement virtuel compatible avec les liaisons ; il faut, pour évaluer le travail, faire intervenir, au même titre que les autres, les forces d'inertie. En l'appliquant à la variation réelle du système on obtient la loi de la conservation de l'énergie.

On peut se demander dans quel sens il faut entendre cette loi. Il est nécessaire de prendre le mot déplacement dans un sens très général. Un système a n coordonnées s'il dépend de n variables, les variations de ces coordonnées sont les déplacements et les forces sont les quotients des travaux élémentaires par les déplacements. Ainsi comprise, la loi des travaux virtuels est une loi très générale. Les physiciens auraient grand intérêt à l'appliquer aux phénomènes les plus variés, sauf à vérifier par l'expérience l'exactitude des conséquences qu'ils en déduisent. C'est ainsi qu'ils procèdent vis-à-vis de la loi de la conservation de l'énergie, ils tirent des déductions et constatent ensuite qu'elles sont conformes à l'expérience.

Quant à priver les physiciens de cette loi, autant vaudrait priver les mécaniciens de la loi des travaux virtuels elle-même en les réduisant au théorème des forces vives. Les mécaniciens seraient très embarrassés dès qu'ils sortiraient du cas simple où l'état d'un système dépend de plus d'une variable. Ce cas est très fréquent ; il arrive même souvent que le nombre des variables est infini, par exemple quand on étudie le mouvement d'un milieu continu, en hydrodynamique ; les variables sont alors définies par des équations aux dérivées partielles ; la loi des travaux virtuels permet d'établir ces équations.

S'adressant ensuite spécialement aux profes-

[1] Société Française de Physique, séance du 5 novembre 1897.

seurs qui composent une notable partie de l'assemblée, M. Carvallo appelle leur attention sur le paragraphe 2 du chapitre I[er] de son ouvrage. Il s'agit de la *théorie de l'induction* dans les idées de Helmholtz. L'expression de la force électromotrice d'induction est

$$e = -\frac{d\Phi}{dt},$$

où Φ représente le flux de force qui traverse le circuit considéré. Pour établir cette formule on applique le principe de la conservation de l'énergie, mais on néglige la self-induction du circuit ; Φ est le flux émanant des sources extérieures au circuit lui-même. L'erreur est grave, car on néglige un phénomène de l'ordre de grandeur de celui qu'on étudie ; on écrit alors

$$ri^2dt + id\Phi = 0$$

$id\Phi$ est le travail des forces électromagnétiques et ri^2dt est la chaleur de Joule. On oublie qu'en établissant le courant on a fourni au système une énergie interne, l'énergie intrinsèque du courant ou énergie de self-induction. Le raisonnement n'est correct que si on suppose que l'intensité i est maintenue constante. Au début de la théorie, il est impossible de parler de l'énergie de self-induction si on ne la montre pas ; or on ne la montre que plus tard et on la déduit de la formule précédente.

Il est donc essentiel de montrer la self-induction dès le début. On peut répéter l'expérience de Faraday, mais il n'est pas toujours commode de maintenir l'équipage du galvanomètre immobile au moyen de cales ; Cornu employait dans son cours de l'Ecole Polytechnique un dispositif que présente M. Carvallo. Trois circuits parallèles contiennent, comme dans l'expérience de Faraday, la pile, la bobine et le galvanomètre, mais ils ne sont reliés continuellement qu'en un point. Pendant que le courant de la pile passe dans la bobine, le jeu d'une clef ouvre le circuit de la pile et ferme immédiatement après celui du galvanomètre. M. Carvallo montre ainsi le courant de self-induction à l'aide des appareils mêmes dont se servait Cornu. On peut, en substituant à la bobine un condensateur obtenir, dans le galvanomètre un courant de même sens que celui que donnerait la pile ; en insérant au contraire un voltmètre, on recueille un courant de polarisation de sens contraire à celui du courant polarisant.

M. Pomey rappelle que le dispositif présenté par M. Carvallo se trouve pratiquement réalisé dans les appareils télégraphiques et sert à l'émission des courants.

M. **Swyngedauw** parle de ***l'influence de la vitesse de charge d'un excitateur sur l'allongement de la distance explosive par les rayons ultraviolets***. Il rappelle qu'il a trouvé antérieurement la loi suivante : L'abaissement du potentiel explosif dynamique d'un excitateur éclairé par la lumière ultraviolette est notablement supérieur à l'abaissement du potentiel explosif statique [1], qu'il a précisée ensuite en disant : L'abaissement du potentiel explosif d'un excitateur sous l'action des radiations ultraviolettes est une fonction croissante paire de la vitesse de variation du potentiel $\frac{dV}{dt}$ à l'instant où l'étincelle éclate [2].

Cette deuxième forme précise un point intéressant : non seulement l'étincelle éclate entre les boules d'un excitateur dont le potentiel est en train de croître rapidement avant que la valeur correspondant à une expérience statique soit atteinte, mais inversement si le potentiel d'un excitateur, maintenu d'abord à une valeur trop faible pour déterminer une étincelle, subit une diminution brusque et si la rapidité de la variation est suffisante l'étincelle éclate.

Cette conséquence curieuse est vérifiée par l'expérience : Les deux armatures d'un condensateur sont reliées à un excitateur E d'une part, et d'autre part par l'intermédiaire d'un excitateur auxiliaire e, aux armatures d'un second condensateur de capacité cent fois moindre. A l'état statique l'étincelle jaillit en E lorsque le potentiel atteint 62 C.G.S. si l'on n'éclaire pas par la lumière ultraviolette ; le potentiel explosif statique descend à 60,7 unités, sous l'action des rayons ultraviolets. Si maintenant on provoque une étincelle en e en chargeant le petit condensateur, on peut faire jaillir l'étincelle en E, même quand le potentiel du grand condensateur est abaissé jusqu'à 54,5 C.G.S. On démontre que l'explication admise est la véritable et que le phénomène ne doit pas être attribué à des oscillations qui se produiraient dans la décharge

(1) *Comptes Rendus*, t. CXXI, p. 195, 16 juillet 1894 ; *L'Éclairage Électrique*, t. IV, p. 169.
(2) *Comptes Rendus*, t. CXXII, p. 1052, 11 mai 1896 ; *L'Éclairage Électrique*, t. VII, p. 370.

en intercalant une colonne de sulfate de cuivre en dissolution concentrée de 20 cm de longueur sur 0,5 cm de section. L'abaissement du potentiel est beaucoup plus petit, parce que la vitesse de variation est réduite, mais elle subsiste toujours.

La méthode des excitateurs dérivés, fréquemment employée par M. Swyngedauw dans ses recherches antérieures, permet de vérifier l'influence de la vitesse du décroissement de potentiel d'une façon encore plus certaine, s'il est possible. Une discussion minutieuse montre que les oscillations, s'il s'en produit, ne jouent aucun rôle essentiel dans le phénomène.

La loi de M. Swyngedauw permet d'expliquer plusieurs expériences bien connues. D'abord, celle de M. Lodge sur le « débordement de la jarre ». Les pôles d'une machine de Holtz sont reliés aux armatures d'une bouteille de Leyde par deux fils, l'un court, l'autre très long. On peut règler la distance des pôles de telle façon qu'au moment où une étincelle éclate entre eux, une autre étincelle, très chaude, jaillisse entre les armatures de la bouteille. La production de cette seconde étincelle, que M. Lodge attribuait aux oscillations qui prennent naissance lorsque la première éclate, est due à l'action des radiations ultraviolettes de cette première sur le condensateur, dont le potentiel subit une variation brusque. Hertz a observé que quand on règle la distance des conducteurs d'une machine statique un peu au-dessous de la distance explosive, si l'on approche le doigt d'une des boules, une étincelle jaillit sur le doigt, en même temps qu'une étincelle brillante éclate entre les pôles de la machine. L'explication est la même; au moment où la première étincelle détermine une variation brusque du potentiel, les pôles sont soumis à l'action des rayons ultraviolets provenant de l'étincelle elle-même ou des effluves qui jaillissent toujours de la machine. C. R.

AMERICAN INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS

CONGRÈS DE GREAT BARRINGTON

18-21 juin 1902 [1].

Rapport de la Commission d'étalonnage

(adopté à la séance du 20 juin 1902). *Transactions of the Americ. Inst. of Elec. Eng.*, t. XIX, p. 705 à 721, mai 1902.

Ce rapport est un essai d'unification de la terminologie électrotechnique et, en même temps, contient un ensemble de prescriptions destinées à éviter la confusion dans les résultats d'essais des appareils électriques.

Il débute par des définitions des diverses espèces de courants électriques ; les appareils sont divisés suivant la classification suivante :

1° Machines à collecteur ;
2° Appareils synchrones ;
3° Appareils synchrones à collecteur ;
4° Redresseurs de courants, ou génératrices à courant pulsatoire ;
5° Appareils d'induction fixes ;
6° Appareils d'induction tournants.

Rendement. — Les auteurs définissent successivement le rendement et les conditions de sa mesure pour ces différentes classes de machines. Ils appellent, d'une façon assez originale, rendement d'un appareil l'inverse du rapport de la puissance *nette* absorbée à la puissance *brute* fournie par l'appareil.

Ce rendement doit être mesuré à la température normale, à pleine charge, dans une salle à la température de 25° C. ; la puissance électrique doit être mesurée aux bornes de l'appareil, la puissance mécanique est prise jusqu'à la poulie, à l'accouplement ou à l'engrenage ; sans comprendre les pertes dans ces appareils, mais y compris les frottements dans les paliers et la ventilation, que l'on supposera indépendants de la charge. Si l'appareil est monté sur le même arbre qu'un moteur, on excluera, dans la détermination du rendement, les pertes précédentes qui ne peuvent être mesurées assez exactement.

Les pertes dans les appareils auxiliaires (excitatrices, etc.) seront comptées seulement pour le rendement général de l'installation.

Dans les machines à collecteur, les pertes seront : 1° celles du frottement mécanique et de la ventilation ; 2° des frottements magnétiques, courants de Foucault dans le fer et le cuivre. Ces pertes seront mesurées à circuit ouvert et au voltage normal augmenté de la chute ohmique Ir dans l'armature (— Ir, dans les moteurs) ; 3° les pertes rI^2 dans l'induit, r ne comprend pas la résistance des balais et de leur contact ; 4° le frottement des balais ; 5° les pertes dans le contact des balais ; 6° les pertes pour l'excitation, y compris celles du rhéostat dans les machines auto-excitatrices.

[1] Voir *Écl. Élect.*, t. XXXIII, p. 97 et 282, 18 octobre et 22 novembre 1902.

Les survolteurs seront traités de même. Pour les moteurs-génératrices, les « *dynamoteurs* » (machines à un champ commun et à deux induits, ou deux enroulements induits sur un même noyau), les commutatrices, le rendement sera le rapport de la puissance électrique absorbée à la puissance électrique fournie.

Dans les machines synchrones (alternateurs, moteurs synchrones, etc...) les puissances devront être mesurées avec le courant en phase avec la différence de potentiel aux bornes. Les auteurs appellent « pertes en charge » la différence entre les pertes totales en charge normale et les pertes à vide précédemment spécifiées; dans les machines synchrones, on admettra que les pertes dans l'induit en court-circuit sont égales au tiers des « pertes en charge ».

Dans les appareils synchrones à collecteurs, les auteurs distinguent les machines à deux courants où le rendement devra être mesuré séparément pour le courant continu et le courant alternatif comme pour des génératrices distinctes. Pour les commutatrices, leur rendement sera déterminé en les faisant actionner par un moteur.

Elévation de température. — Elle se mesurera, pour une machine, au-dessus de la température de 25° C. à la pression barométrique de 760 mm. Si la température de la salle diffère de 25° C, on corrigera l'élévation de température de 0,5 p. 100 par degré. La température sera mesurée après une marche de 8 à 16 heures, suivant l'importance des appareils, à moins qu'on ne les soumette à des surcharges et qu'on les ramène ensuite à la charge normale où on les maintient jusqu'à ce que la température soit devenue constante.

Pour les conducteurs électriques, la température se déduira de la mesure des résistances (pont de Wheatstone ou chute de tension); on adoptera, pour le cuivre, un coefficient de température de 0,42 p. 100 par degré C. Les valeurs obtenues sont généralement plus élevées que celles données par un thermomètre (¹).

Après avoir indiqué une élévation de 50° C environ comme maximum moyen de la plupart des appareils, les auteurs rappellent que la puissance commerciale d'un moteur de tramway est celle qui élève la température du moteur de 75° C. (au-dessus de la température ambiante de 25° C) après une heure de marche à 500 volts, sans couvercle (¹).

Isolation. — La résistance ohmique d'isolement est, selon les auteurs, d'importance secondaire; c'est la résistance à la rupture diélectrique qui doit surtout être spécifiée.

La résistance d'isolement d'un appareil devra être telle que, à la tension normale, il ne passera pas plus d'un millionième du courant normal à travers l'isolation; s'il suffit d'un mégohm pour remplir cette condition, on s'en contentera.

Les essais de résistance à la rupture diélectrique se feront avec des transformateurs de puissance telle que le courant de condensation ne dépasse pas 25 p. 100 du courant normal du transformateur; ils se feront à la fréquence des appareils en essai. La force électromotrice d'essai devra être sinusoïdale ou, du moins, le voltage d'essai devra donner la même longueur d'étincelle entre les pointes qu'une tension sinusoïdale de la valeur spécifiée pour l'essai (²).

Les auteurs recommandent les tensions suivantes (volts eff.) :

Tension normale aux bornes de l'appareil	Puissance normale	Tensions d'essai
Au-dessous de 400 volts	Au-dessous de 10 kw	1 000 volts
	A partir de »	1 500 »
Entre 400 et 800 volts	Au-dessous de 10 kw	1 500 »
	A partir de »	2 000 »
» 800 et 1 200 »	quelconque	3 500 »
» 1 200 et 2 500 »	»	5 000 »

(¹) Les auteurs indiquent les chiffres suivants comme élévations de température maxima :

Machines à collecteurs, redresseurs et machines synchrones (induit et inducteurs), 50° C.

Collecteurs, bagues et balais, 55° C.

Paliers et autres pièces, 40° C.

Appareils d'induction rotatifs : circuits électriques, 50° C.; paliers, etc., 40° C.; cage d'écureuil, 55° C.

Transformateurs en service continu, 50° C. : pour circuits électriques, autres parties 40° C.; de même pour bobines de réaction.

Pour les moteurs de tramways, après une période de pleine charge, 50° C.

(¹) Une étude complète des élévations de température devra être effectuée sur le moteur du tramway roulant en palier et en ligne droite et sous des conditions spécifiées en ce qui concerne la charge en tonnes par moteur, la vitesse à chaque instant, le nombre d'arrêts par km, leur durée, l'accélération et le ralentissement.

(²) On emploiera des aiguilles neuves comme pointes, au moyen desquelles on shuntera les appareils toutes les fois que la tension d'essai devra excéder de 10 p. 100 au moins la tension normale.

La table suivante donne les longueurs maxima d'étin-

Entre 2500 et 10000 »	Puissance norm. quelconque.	Double de la tension normale
» 10 000 et 20 000 »	»	10 000 volts au-dessus de la tension normale
Au delà de 20 000 »	»	50 p. 100 au-dessus de la tension normale

Entre deux circuits, la tension d'essai correspondra au circuit de tension la plus élevée.

Les câbles souterrains et les interrupteurs seront essayés pendant une minute, à la tension double de la tension de service.

Régulation. — Les auteurs appellent ainsi la variation maxima de voltage, courant, vitesse, etc., entre la marche à pleine charge et à vide; ils passent en revue, pour les divers appareils, les conditions suivant lesquelles cette variation doit se produire et être mesurée.

Ils définissent également la « variation » de vitesse dans les machines à vapeur et la « pulsation » d'une onde alternative.

Dans l'expression des puissances, ils recommandent d'évaluer les puissances aussi bien mécaniques qu'électriques en kilowatts.

La Commission recommande comme tensions courantes :

Courant continu : 125, 250 et 550 à 600 volts.
Courant alternatif (b. t.) : 110, 220 volts.
Courant alternatif (h. t.) : 6 000, 10 000, 15 000, 20 000, 30 000, 40 000 et 60 000 volts.

Les machines doivent supporter les surcharges suivantes sans élévation de température de pleine charge :

1° Génératrices à courant continu et alternatif, 25 p. 100 pour 2 heures.

---

celles dans l'air, entre pointes d'aiguilles en regard, pour différentes tensions efficaces (sinusoïdes).

KILOVOLTS effectifs	LONGUEURS d'étincelles cm	KILOVOLTS effectifs	LONGUEURS d'étincelles cm
5	0,57	60	11,8
10	1,19	70	14,9
15	1,84	80	18,0
20	2,54	90	21,2
25	3,3	100	24,4
30	4,1	110	27,3
35	5,1	120	30,1
40	6,2	130	32,9
45	7,5	140	35,4
50	9,0	150	38,1

2° Moteurs à régime continu, 25 p. 100 pour 2 heures, et 50 p. 100 pour une minute de surcharge momentanée.

3° Commutatrices : 50 p. 100 pour une 1/2 heure.

4° Transformateurs : 25 p. 100 pour 2 heures.

Sources lumineuses. — La Commission est d'avis que la comparaison des foyers lumineux doit être basée sur la quantité totale ou flux de lumière émis par la source.

L'intensité moyenne sphérique est égale à ce flux, exprimé en lumens, divisé par 4π ; si elle est exprimée en bougies anglaises, le flux le sera en bougies anglaises lumen.

Le rendement doit être défini comme le rapport du flux à la puissance consommée (lumens par watt).

La Commission estime, enfin, que l'étalon Hefner à l'acétate d'amyle est le plus usité pour des mesures précises ; elle admet que 1 Hefner = 0,88 bougie anglaise.

Expériences faites avec un alternateur monophasé sur des circuits polyphasés, par **C.-O. Mailloux**. *Transactions of the Americ. Inst. of Elect. En.* ; t. XIX., p. 611-612, mai 1902.

Les expériences ont été conduites par l'auteur dans la station de Phœnix (Arisona. E. U.) et ont pour objet de montrer la possibilité de l'emploi des alternateurs monophasés pour la production des courants polyphasés et la distribution du courant continu. L'équipement de cette station hydraulique n'ayant pu être achevé au moment des basses eaux, on dut songer à utiliser un ancien groupe à vapeur comprenant trois alternateurs monophasés pour renforcer la ligne de transmission triphasée, ou plutôt la ligne biphasée alimentée par la précédente par l'intermédiaire d'un transformateur de Scott abaissant la tension triphasée de 22 500 volts à 2 200 volts biphasés qui servent à la distribution de la lumière et de la force motrice. On se préoccupa donc de coupler un alternateur monophasé à chacune des phases de la ligne diphasée ; ce couplage se fit aisément au moyen d'un indicateur de phase de Lincoln, de même que le couplage en parallèle de deux des alternateurs sur une même phase du système diphasé ; et l'on put même, comme il était à prévoir, équilibrer les tensions sur les deux phases au moyen du réglage de la tension des alternateurs monophasés qui y étaient connectés. Comme on se proposait d'alimenter les lampes à incandescence

de la distribution au moyen de l'ancienne station à vapeur, cette combinaison résolvait entièrement le premier problème. Il s'agissait, en outre, de fournir du courant continu, à 500-550 volts, aux moteurs d'une ligne de tramways alimentée partiellement par des commutatrices prenant leur énergie sur la ligne triphasée, et pour charger, en même temps, une batterie de secours. On pourrait se demander si le système formé par la commutatrice, le transformateur et la ligne triphasée, puis le transformateur de Scott et la ligne biphasée, pouvait être alimenté par deux alternateurs de la station à vapeur fournissant chacun une phase et se maintenir en équilibre. Les prévisions de l'auteur se réalisèrent, en effet; les génératrices triphasées étant branchées, à plein voltage, par les transformateurs élévateurs de tension sur la ligne de transmission triphasée, la commutatrice fut mise en marche à la façon ordinaire. On coupla ensuite sur chaque phase du circuit biphasé successivement un des alternateurs monophasé ; ce couplage se fit sans difficulté, et le synchroniseur de Lincoln placé entre les deux phases du biphasé indiqua une quadrature parfaite. La charge de chaque machine put être facilement réglée par l'admission de vapeur et les variations de l'excitation. Les deux alternateurs monophasés fonctionnaient donc en parallèle avec les génératrices triphasées sur la ligne de transmission par l'intermédiaire de leurs transformateurs respectifs.

Dans ces conditions, on coupa brusquement la ligne triphasée avant son entrée à la station à vapeur, mettant ainsi hors circuit les génératrices triphasées et le tronçon de ligne qu'elles alimentaient.

On observa, à ce moment, un ralentissement de la commutatrice ; en augmentant l'admission de la vapeur des machines actionnant les alternateurs monophasés, la vitesse reprit peu à peu sa valeur normale, de même que la fréquence. Le décalage entre les deux phases des alternateurs monophasés resta exactement un quart de période. On fit varier la charge en ouvrant et en fermant le circuit des feeders de lumière ; la charge maxima appliquée équivalait à plus des trois quarts de la capacité totale de chaque alternateur.

Après 10 minutes, on coupa le circuit à courant alternatif immédiatement avant la commutatrice, le synchroniseur indiqua aussitôt que les alternateurs ne restaient plus en quadrature et on les sépara du circuit. L'expérience fut répétée plusieurs fois avec le même résultat.

La commutatrice jouait donc le rôle d'un accouplement électromagnétique en même temps que d'un volant, en maintenant en phase les deux alternateurs. L'énergie qu'elle consommait de ce fait empêchait qu'on pût facilement lui imposer une charge de courant continu; mais il n'est pas douteux, d'après l'auteur, qu'on pût charger la commutatrice jusqu'à la valeur correspondant à la capacité des alternateurs.

Quand la ligne triphasée et les génératrices sont séparées du système, il faut évidemment une dépense d'énergie pour maintenir les deux alternateurs en quadrature ; cette énergie ne peut être produite que par la commutatrice qui transporte l'énergie d'une phase sur l'autre et agit comme un accouplement élastique. Si la ligne de transmission était biphasée, ce transfert d'énergie d'une phase à l'autre par une commutatrice biphasée s'expliquerait très simplement. L'alternateur, dont la fréquence tend à croître, verra sa charge augmenter par le fait du supplément d'énergie envoyée à la commutatrice. Cette dernière accélérera son allure, ce qui déchargera au même instant l'autre phase, et par suite aussi l'alternateur correspondant à cause du décalage qui en résulte ; l'allure de cet alternateur s'accélérera, à son tour, jusqu'au synchronisme.

Dans le cas actuel, si l'une des phases d'alternateur tend à s'écarter du synchronisme, les courants de circulation qui en résultent réagiront plus ou moins sur deux phases de la ligne triphasée ; et, de même, deux phases de la commutatrice réagissent pour ramener l'autre phase d'alternateur au synchronisme.

Il peut donc se produire de légers écarts du synchronisme qui seront corrigés par la commutatrice, et la fréquence a, sans doute, une certaine influence sur l'étendue de ces écarts [1].

[1] Avec 60 périodes, la fréquence employée dans le système actuel, la correction produira son effet 60 fois par seconde sur l'alternateur et sur son moteur ; ce dernier tournait à 240 tours par minute, soit à raison de 8 admissions de vapeur par seconde ; en admettant que chaque admission, combinée avec les autres perturbations telles que les variations de la vitesse angulaire par coup de piston, ait pour effet de modifier la fréquence, l'action régulatrice des courants de circulation se produira

Essais comparatifs d'accélération avec trains à vapeur et trains électriques, par **Arnold** et **Potter**. *Transactions of the Americ. Inst. of Eng.* t. XIX, p. 593-610, mai 1902.

Dans cette communication, les auteurs rapportent les résultats d'essais qu'ils ont exécutés et dont le but était d'établir la valeur relative de la traction à vapeur et électrique, pour un service suburbain de voyageurs [1].

Les essais électriques furent exécutés sur la ligne d'essais de la « General Electric C° », par un vent debout de 24 km à l'heure; la voie était sèche et en palier, la température de 8° C; au milieu du parcours existe une courbe d'un rayon de 257 m embrassant un arc de 6 1/2 degrés environ, dont l'effet de frottement fut assimilé à une pente d'environ 1/10 dans les essais à la vapeur.

Ces derniers furent effectués sur la ligne du « New-York Central », par un vent de 24 km à l'heure, et avec une pente de 0,1 p. 100 environ, la température était de 4° C et la voie légèrement humectée par la neige.

Bien que la locomotive fut spécialement construite pour ce service, la pression tomba, pendant la première période d'accélération, de 14 kg à 13 kg par cm². Le démarrage s'opérait, avec pleine admission, sans détente. Bien que la locomotive fut capable de développer un effort maximum de traction, au démarrage, aussi élevé que le train électrique, cet effort ne pouvait être maintenu et tombait immédiatement avec l'augmentation de la vitesse.

Les auteurs donnent une douzaine de diagrammes indiquant les particularités des divers parcours avec les deux modes de traction. Mais comme les courbes d'accélération diffèrent, il est plus intéressant de savoir comment le poids sur les roues motrices, équivalent dans les deux cas, était utilisé dans l'un et l'autre système. La table de la p. 323 donne les vitesses atteintes au bout de 10, 20 et 30 secondes en kilomètres à l'heure.

Il ressort clairement de ces chiffres que les trains électriques utilisent bien plus efficacement la pression sur les roues motrices que les trains à vapeur; la traction électrique permettant de maintenir l'accélération maxima pendant un laps de temps plus long, il en résulte qu'on peut couvrir le même espace dans le même temps, mais avec une dépense d'énergie et une vitesse maxima moindres qu'avec la vapeur [1].

La vitesse maxima d'un train, effectuant un parcours donné dans un temps donné, donne une indication sur l'énergie consommée; comme pour les trains électriques, la vitesse moyenne est plus élevée et la vitesse maxima moindre que pour les trains à vapeur, il y a évidemment une notable économie d'énergie à employer l'électricité.

Les auteurs font remarquer aussi que les voitures de voyageurs pouvant être équipées électriquement, il s'ensuit une réduction de poids grâce à la suppression de la locomotive. Ils estiment que la véritable base de comparaison devrait être l'énergie dépensée par place-kilomètre et non par tonne-kilomètre, attendu que

---

7,5 fois plus souvent par seconde; les fluctuations sont du reste considérablement amorties par la commutatrice et il est probable que, plus grand est le nombre des pulsations régulatrices par rapport à celui des impulsions perturbatrices, mieux les deux phases conserveront leur décalage.

[1] La locomotive qui servit comme terme de comparaison était spécialement étudiée pour le service à accélération rapide des lignes suburbaines; elle était caractérisée par de grandes surfaces de chauffe et par une grande proportion du poids sur les roues motrices.

Les deux voitures électriques étaient d'une longueur totale de 15 m, et pesaient chacune 35 tonnes environ, y compris l'équipement électrique consistant en quatre moteurs et le coupleur. Les essieux étant tous munis de moteurs, les deux voitures avaient à peu près le même poids sur les roues motrices que la locomotive à vapeur. Les accélérations étaient donc directement comparables pour des trains de même poids, d'autant plus que le même nombre de voitures étaient remorquées dans les deux cas.

Les trains à vapeur, se composant de six voitures, dont une voiture dynamo, étaient lancés sur une longueur de voie d'un mille (1 609 m) avec l'accélération la plus forte que l'on pouvait obtenir. Le parcours était répété, en détachant chaque fois un wagon. Des appareils enregistreurs notaient l'effort de traction, la vitesse, le temps, le chemin parcouru, la force et la direction du vent. On notait également l'état de la voie et la température. Les mêmes essais étaient repris avec le train électrique, et on y enregistrait en outre le voltage, le courant et les lectures du wattmètre.

Ce dernier n'était pas placé sur la voiture, mais au point d'alimentation du troisième rail. Le fil fin du wattmètre était connecté à l'extrémité du troisième rail et de la voie, de sorte qu'il donnait exactement le voltage du train.

[1] Dans ces essais, les trains à vapeur parcouraient encore de 80 à 240 m après l'application des freins, le train électrique s'arrêtait sur une distance de 32 à 65 m. De plus, le parcours moyen des trains électriques était de 1 600 m, tandis qu'ils étaient de 1900 pour la vapeur, de sorte que la vitesse moyenne, à parcours égal, eût été encore supérieure, avec l'électricité, et avec une vitesse maxima moindre.

NOMBRE DE WAGONS REMORQUÉS		1	2	3	4	5	6
10 secondes	Voitures électriques	36,2	33,3	27,8	23,2	20,3	18
	Locomotive	22,5	20,9	20,1	19,3	16,1	
20 secondes	Voitures électriques	54,7	52	47,3	44	39,4	34,1
	Locomotive	40,2	34,1	34,6	31,4	29	25,2
30 secondes	Voitures électriques	61,5	58,6	55	52,1	48,8	45,2
	Locomotive	51	42,1	43,8	38,8	37,4	33,5

dans un train à vapeur le poids total du train comprend une proportion considérable de poids mort.

Ainsi, les auteurs déduisent de leurs essais les résultats suivants, en ce qui concerne le nombre de watts-heure dépensés par voyageur dans l'un et l'autre système.

Nombre de voitures à 64 places	Nombre de voyageurs	Watts-heure par voyageur Vapeur	Electricité
1	384	43,9	29,7
2	320	52,2	32,1
3	256	57,5	33,5
4	192	77,4	37,5
5	128	103,6	45,2
6	64	187,8	45,2

Cette table est basée sur l'énergie nette délivrée aux roues du train et ne comprend pas les pertes inhérentes à l'un ou l'autre système.

Pour les trains électriques, le rendement, c'est-à-dire le rapport entre l'énergie nette fournie aux roues et l'énergie totale absorbée en volts-ampères a varié de 61,5 p. 100 à 74 p. 100 suivant le nombre de wagons remorqués.

Les auteurs ont observé que, pour des trains à vapeur parcourant la distance entre North White Plains et Grand Central Station (New-York Central Railroad), qui est d'environ 40 km, la dépense de charbon par cheval-heure s'est élevée à 7 kg environ, pour l'énergie nécessaire au mouvement des wagons seuls, y compris les manœuvres dans les gares et l'entretien du feu des foyers, pendant les arrêts. C'est cette énergie que les auteurs pensent devoir servir de base de comparaison avec la traction électrique. Ils estiment le rendement de cette dernière comme il suit :

Rendement	de la machine à vapeur	90	p. 100
»	de l'alternateur	92	»
»	de la transmission haute tension	98	»
»	des transformateurs	97	»
»	des commutatrices	92	»
»	du troisième rail	95	»
»	des moteurs et résistances	75	»

Le rendement de la distribution serait donc de 51,33 p. 100 et varierait dans certaines limites avec le coefficient d'utilisation; les auteurs adoptent 50 p. 100 comme rendement moyen. La consommation de charbon par cheval-heure indiqué est actuellement de 1,13 kg dans de grandes stations; soit, ici, 2,26 kg par cheval-heure fourni au train; en admettant une augmentation de 10 p. 100 pour la résistance de l'air, et une autre de 20 p. 100 pour une augmentation égale du poids des wagons pour l'équipement électrique, la dépense finale s'établit à 3 kg par cheval-heure pour la traction électrique au lieu de 7 pour la vapeur.

Les auteurs admettent que la houille pour stations ne coûterait que 80 p. 100 de celle des locomotives et que la dépense pour la houille est environ le tiers des dépenses totales, y compris l'entretien et l'intérêt du capital; d'où ils concluent, que la dépense pour fourniture d'énergie à la traction électrique équivaudrait vraisemblablement à la dépense de charbon pour les locomotives actuelles, mais l'entretien du matériel et les facilités d'exploitation sont notablement en faveur de la traction électrique.

Coût relatif de la traction électrique et de la traction à vapeur, par **B.-J. Arnold**. *Transactions of the Americ. Inst. of Elect. Eng.*, t. XIX, p. 623-659, mai 1902.

Nous avons résumé récemment [1] la marche suivie par l'auteur dans les essais qui vont servir de base à ses conclusions économiques. Après avoir insisté sur la nécessité de recourir au courant continu, avec troisième rail, pour faire entrer immédiatement la traction électrique dans le domaine de l'application, l'auteur a évalué les dépenses de douze projets différents de station et de distribution ; nous donnons ci-dessous les dépenses totales par locomotive-kilomètre, suivant le système adopté.

[1] Voir *L'Écl. Élect.*, t. XXXIII, p. 99-100, 18 oct. 1902.

Système	Dépenses totales par locom-km.
	fr.
1. Station à courant continu, au centre de la ligne, à côté de la voie, conducteurs à 600 volts, sans accumulateurs	0,64
2. Comme n° 1, avec accumulateurs à la station.	0,667
3. Comme n° 1, avec accumulateurs en un point intermédiaire	0,682
4. Station à courant alternatif, près du centre de la ligne, avec sous-stations à commutatrices à chaque extrémité de la ligne, 11 000 volts alternatifs, 600 volts, continus	0,708
5. Sations à courant continu et alternatif combinées à une extrémité de la ligne, sous-station à l'autre extrémité, courant alternatif 11 000 volts, continu 600 volts, sans accumulateurs	0,681
6. Feeders courant continu de la sous-station du chemin de fer de Manhattan, située près du centre de la ligne, 600 volts c. c. énergie achetée	1,167
7. Sous-station à commutatrices au centre de la ligne, courant alternatif acheté à la sous-station de Manhattan et transmis à 11 000 volts, énergie 2,5 centimes meilleur marché par kilowatt-heure que le courant continu fourni directement	1,11
8. Deux sous-stations à commutatrices à chaque extrémité de la ligne, le courant alternatif acheté à la sous-station de Manhattan, près du centre de la ligne	1,072
9. Station combinée à courants continu et alternatif à une extrémité de la ligne, sous-station à l'autre, accumulateurs sur la locomotive chargés par la ligne	0,757
10. Sous-station à commutatrices près du centre, courant alternatif acheté à la sous-station de Manhattan, batteries sur la locomotive chargées par la ligne	1,196
11. Feeders à courant continu alimentés par la sous-station de Manhattan, batteries sur la locomotive et chargées par la ligne.	1,25
12. Stations à courants alternatif et continu combinées, à une extrémité, sous-station à l'autre, batteries à la station et à la sous-station, 11 000 volts alternatif, 600 volts continu	0,735

Le système n° 1 est théoriquement le plus économique, mais il est difficile d'admettre que l'on puisse toujours placer la station au milieu de la ligne; la même remarque s'applique aux n°s 2 et 3. Les systèmes 4 et 5 montrent la différence qui résulte du déplacement de la station à une extrémité, et l'on voit dans le n° 5 l'économie résultant de la suppression d'une sous-station.

Dans les systèmes 6, 7, et 8 l'auteur a recherché si l'achat du courant donnerait une solution plus économique du problème; cette solution, comme on le voit, est trop coûteuse et ne pourrait être adoptée que provisoirement pour hâter la mise en exploitation,

Les systèmes 9, 10 et 11 emploient des batteries chargées par la ligne et montées sur les locomotives, afin de supprimer la complexité inévitable des conducteurs dans les garages et les manœuvres; mais on voit que les dépenses d'exploitation compenseraient largement dans ce cas l'économie de conducteurs. Cependant le système 9 n'est pas beaucoup plus coûteux que le système 12. Ce dernier diffère du n° 5 par une économie dans la capacité des appareils de transformation, grâce à l'emploi de batteries d'accumulateurs. L'auteur a admis le chiffre de 10 p. 100 pour l'entretien annuel de la batterie, ce qui explique l'augmentation des dépenses dans ce système; mais il estime que cette différence ne justifierait pas le rejet de ce système, parce qu'une telle batterie, outre qu'elle régulariserait la tension sur la ligne, permettrait, grâce à sa réserve d'énergie, de maintenir la charge des machines au voisinage de leur régime de rendement maximum. C'est ce système n° 12 que l'auteur considère comme remplissant le mieux les conditions du problème.

L'auteur suppose ensuite que le service à vapeur entre « Mott Haven Junction » et « Grand Central Station » soit entièrement remplacé par la traction électrique suivant le type n° 12. On admet que le personnel des trains restera le même, bien que cette condition ne soit pas favorable à l'électricité; la valeur comparative des deux systèmes de traction sur ce parcours s'établit comme suit :

	Vapeur	Électricité
Dépenses d'exploitation par locomotive-kilomètre non compris les charges fixes, mais y compris l'eau, la main-d'œuvre, frais de nettoyage et de réparation du tunnel, etc	0,716	0,491
Dépenses fixes par locomotive-kilomètre, en admettant qu'il faille 40 locomotives pour le service actuel, et que 33 locomotives électriques suffiraient.	0,035	0,243
Totaux	0,751	0,734

L'auteur conclut de cette comparaison que l'économie légère réalisée par l'emploi de l'électricité ne justifierait pas son adoption dans un but d'économie seul; il avoue cependant qu'il s'est gardé dans ses calculs, des considérations optimistes, qui, probablement, avec la mise en pratique de ce système conduiraient à des résultats plus favorables. Mais il est hors de doute néanmoins que cette économie serait suffisante pour compenser les charges nouvelles introduites par l'accroissement du matériel. La traction électrique s'impose d'ailleurs, dans ce cas particulier, par d'autres considérations qui en justifient amplement l'adoption. P.-L. C.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XXXIII. Samedi 6 décembre 1902. 9e Année. — N° 49.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

TARIFICATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

I. Conditions que doit remplir un bon tarif. — La tarification doit être simple et facilement compréhensible pour l'abonné.

L'abonné doit pouvoir vérifier, sans peine et sans sortir de chez lui, que l'exploitant se conforme aux conditions de la tarification.

L'exploitant doit pouvoir de même faire toutes vérifications utiles, sans que ce contrôle soit gênant pour l'abonné et présente un caractère inquisitorial. Autant que possible toutes ces vérifications doivent se faire par de simples visites au compteur ou au voisinage immédiat, sans qu'on ait à pénétrer plus loin chez l'abonné. Nous ne saurions trop insister sur ce point dont l'importance a été trop négligée. Faute d'y avoir eu égard, on a souvent établi des tarifs qui obligent les exploitants soit à exercer un contrôle coûteux pour eux et vexatoire pour les abonnés, soit à se laisser duper par des abonnés peu consciencieux.

Enfin la tarification doit être exempte d'arbitraire, et ce caractère doit être bien mis en évidence pour ne pas exciter les susceptibilités du public. Certaines exploitations tarifient librement, limitées tout au plus par un maximum, et fixent des prix différents à différents abonnés d'après leur façon présumée d'employer le courant. Une pareille liberté ne paraît pas pouvoir être conservée, soit par une administration publique exploitant elle-même, soit par une société privée exploitant sous le contrôle de l'autorité publique et jouissant d'un monopole plus ou moins complet, en fait sinon en droit.

II. Bases de la tarification. — Les bases de la tarification nous paraissent être au nombre de deux : le prix de revient et le service rendu. On peut faire payer l'énergie, ou d'après ce qu'elle coûte au producteur, étant donné le régime sous lequel elle est consom-

mée, ou d'après la valeur qu'elle a pour le consommateur, étant donné l'usage qu'il en fait, les autres moyens qu'il aurait de se procurer les mêmes services, etc.

Les divers auteurs qui ont traité la question [1], et en particulier M. Wright, ont surtout envisagé le prix de revient. Si cet élément est le principal, il peut bien des fois ne pas être le seul. Dans des cas autres que celui de l'électricité, nous voyons souvent d'autres éléments pris en considération. Par exemple, dans le service des postes, un imprimé envoyé sous enveloppe ouverte, et une lettre fermée, bien que pesant le même poids, et transmis d'un même point de départ à un même point d'arrivée, avec la même vitesse, supportent des taxes différentes.

1° *Prix de revient.* — Supposons une exploitation cherchant à établir les tarifs les plus bas possibles, juste assez élevés pour ne pas être en perte, et à laisser aux consommateurs le plus grand bénéfice possible. Tel est le cas de nombre de régies anglaises. Elle devra, en règle générale, tarifer non seulement chaque consommateur, mais chaque élément de la consommation suivant le prix de revient. Supposons qu'un consommateur occasionne une dépense de 0,15 fr ou de 0,50 fr par kilowatt-heure suivant telle ou telle circonstance, par exemple suivant qu'il consomme de jour ou de nuit. Le tarif devra tenir compte de ces conditions et faire payer deux prix différents suivant le cas. On en arrivera ainsi à ce que, quel que soit le régime suivi par lui, le consommateur paiera ce qu'il coûte. S'il trouve avantageux d'augmenter sa consommation de nuit, il paiera en conséquence. Le producteur peut lui fournir pendant le jour l'électricité à prix réduit ; il en profite et fera une consommation qu'il n'eût pas faite s'il eût dû la payer un prix plus élevé. Il est ainsi incité à augmenter l'importance relative de sa consommation de jour, ce qui est tout bénéfice pour l'exploitation et par suite pour l'ensemble des consommateurs.

Le résultat ne serait pas atteint avec un tarif uniforme, de 0,40 fr par exemple, basé sur l'hypothèse d'un certain rapport entre les consommations de jour et de nuit. L'abonné ne cherchant pas plus à réduire sa consommation de nuit que sa consommation de jour, le rapport de la première à la seconde sera plus élevé que dans le cas du double tarif, ce qui tendrait à mettre le producteur en perte ; forcément ce dernier se mettra à l'abri de cette éventualité en relevant l'ensemble du tarif. L'abonné qui aurait fait une consommation importante de jour au prix de 0,15 fr la réduira fortement si le prix est de 0,40 fr. Il sera privé d'une certaine jouissance et le producteur sera privé d'un certain bénéfice.

Ne rien fournir à perte, n'entraver aucune consommation par un tarif trop élevé au-dessus du prix de revient, telles sont les conditions de prospérité d'une exploitation, conditions réalisées par la tarification suivant le prix de revient.

2° *Service rendu.* — A cette règle générale il peut cependant y avoir des exceptions.

Soit par exemple deux catégories A et B de consommateurs, consommant suivant le même régime, et par conséquent coûtant le même prix et devant être soumis au même tarif. Si les consommateurs A et B sont desservis, on pourra établir un certain tarif t le même pour tous. Pour diverses raisons les consommateurs B ne sont pas disposés à payer le tarif t et préféreraient plutôt ne pas s'abonner. En ce cas, le quantum de la consommation diminuant, le prix de revient s'élève, et les consommateurs A doivent payer un tarif t' plus élevé que t. Au contraire, abaissons le tarif des consommateurs B à la limite qu'ils sont disposés à atteindre et imposons-leur seulement un tarif b plus faible que t. Pour ne

[1] Pour les travaux antérieurs sur la tarification, voir *L'Éclairage Électrique*, t. III, p. 221 ; t. XII, p. 537 ; t. XIII, p. 157 ; t. XVII ; p. 368 ; t. XVIII, p. 56 ; t. XXI, p. 31 ; t. XXIV, p. 431 ; t. XXV, p. 363 ; t. XXXII, p. 175 et 214.

pas être en perte dans l'ensemble nous devrons imposer aux consommateurs A un tarif a plus fort que t mais pouvant être inférieur à t'. En ce cas les consommateurs A auront intérêt à voir l'exploitation conserver les consommateurs B au prix d'une réduction de tarif. Cette réduction, absolument injustifiable si l'on ne considère que le coût de production, est justifiée uniquement par la différence des services rendus, et dans le cas actuel elle serait une excellente mesure dans l'intérêt de chacun.

Supposons maintenant que les tarifs soient établis de façon à donner des bénéfices importants. Peu importe que ces bénéfices soient destinés à alimenter un budget municipal ou à former le dividende d'une société. Non seulement on aura intérêt à conserver les consommateurs B du paragraphe précédent, mais on aura intérêt à conserver, même au prix d'une réduction de tarif, tous les consommateurs qui, sans cette réduction, ne s'abonneraient pas et qui cependant peuvent supporter un tarif intermédiaire entre le tarif général et le tarif basé sur le prix de revient. Ces consommateurs, contrairement aux consommateurs B examinés plus haut, pourront faire baisser la recette nette moyenne par kilowatt-heure, mais ils feront monter la recette nette totale. En d'autres termes, l'énergie électrique, en sus du coût de production, est frappée d'un impôt que la généralité des consommateurs accepte de payer. Une catégorie ne peut ou ne veut payer cet impôt et au besoin préférerait cesser toute consommation. Plutôt que de perdre ces consommateurs, mieux vaut les conserver en ne leur demandant qu'un impôt réduit. Ici encore c'est la différence des services rendus qui justifie la différence des tarifs.

Enfin, pour diverses raisons indépendantes du service rendu, les pouvoirs publics peuvent trouver équitable d'imposer plus ou moins fort tel ou tel consommateur, tel ou tel mode d'emploi de l'électricité. Si le service rendu n'est plus ici la base de la tarification, il intervient encore comme limite supérieure au delà de laquelle on ne peut aller, sous peine de voir disparaître la matière imposable.

III. Éléments du prix de revient. — Nous conformant à la marche générale suivie par M. Wright et par d'autres dans la façon d'évaluer le coût de production, nous croyons cependant devoir nous en écarter en quelques points ; nous décomposerons ce coût de la façon suivante, étant entendu que cette décomposition n'a pas de prétention à une exactitude mathématique [1].

1° *Part proportionnelle à la puissance de l'abonné.* — Un élément est proportionnel au temps et à la puissance installée par chaque abonné, ou à la puissance maxima qu'il s'engage à ne pas dépasser. Nous comprenons ici les frais d'établissement, intérêt, entretien, etc., du transformateur établi chez l'abonné, la consommation à vide de ce transformateur. Cet élément n'existe que dans les distributions comportant des transformateurs individuels par abonnés ou par immeubles, l'énergie étant mesurée aux bornes du secondaire.

On pourrait à la riguenr trouver un élément analogue dans toute distribution électrique. Les dernières ramifications des canalisations, celles dont chacune dessert un petit nombre d'abonnés, devront être d'autant plus fortes que ce petit nombre d'abonnés pourra demander une puissance maxima plus élevée, et il y aura de ce chef un élément de dépense proportionnel à la puissance installée, ou à la puissance maxima prévue pour chaque abonné. Mais en pratique, cet élément de dépense nous paraît négligeable.

(1) Dans cette évaluation, comme dans les tarifs qui en dérivent, nous envisageons uniquement la fourniture d'énergie électrique et laissons de côté les accessoires tels que fourniture ou location de compteurs, branchements, colonnes montantes, lampes, moteurs, et autres appareils d'utilisation.

2° *Part égale pour tous les abonnés.* — Une partie de la dépense doit être répartie également entre tous les abonnés quelle que soit l'importance de chacun : frais de comptabilité, recettes, visite des compteurs, confection et recouvrement des quittances, énergie absorbée par les compteurs, etc.

3° *Dépenses fixes de préparation.* — Nous comprenons sous ce titre les dépenses qu'il faut faire pour être en état de fournir une puissance donnée, les dépenses que ferait une exploitation qui, sans rien débiter encore, se tiendrait en état de livrer *à condition qu'on lui fixe, par exemple quelques jours à l'avance, la puissance maxima qu'elle aura à livrer.* Ces dépenses comprennent l'intérêt et l'amortissement des capitaux, le minimum d'entretien que nécessitent des machines ou canalisations, même ne travaillant pas, entretien ayant pour but non de les maintenir constamment en état de fonctionnement, mais simplemedt de les empêcher de péricliter, etc. Toutes ces dépenses sont pour une année proportionnelles à la puissance maxima que l'on est en état de fournir.

4° *Dépenses variables de préparation.* — Sous ce titre, nous comprenons les dépenses à faire en sus des précédentes, pour être en état de livrer *à l'instant* une puissance donnée égale ou inférieure au maximum de l'année ; par exemple, maintien des chaudières en pression ; maintien des machines en état de fonctionnement ; personnel variable non à la minute, mais au jour, à la semaine ou au mois, etc. Elles sont proportionnelles non au maximum de puissance de l'année, mais au maximum prévu pour une courte période, par exemple pour un jour, une semaine ou un mois.

5° *Dépenses de production proprement dites.* — Viennent enfin les dépenses de production proprement dites, proportionnelles à l'énergie débitée.

6° *Légitimité de la prise en considération des dépenses variables de préparation.* — On a généralement négligé l'élément n° 4, ou plutôt on l'a fondu dans les éléments n°s 3 et 5. On admettait ainsi que les dépenses (en dehors des termes n°s 1 et 2) ne dépendent que de la puissance maxima de l'année et du nombre de kilowatts-heure produits dans l'année. Il est facile de voir qu'il n'en est pas ainsi. Supposons deux usines débitant dans l'année un même nombre maximum de kilowatts, et un même nombre de kilowatts-heure, et même débitant chaque jour un même nombre de kilowatts-heure. Supposons que dans l'une la puissance reste constante dans une même journée et que dans l'autre elle varie avec un maximum très pointu comme c'est le cas général des installations d'éclairage. L'exploitation sera bien plus onéreuse pour la seconde usine que pour la première.

Nous verrons du reste que cette façon un peu plus complexe de calculer le coût de production, amène plutôt des simplifications lorsqu'il s'agit de passer à l'application pratique.

7° *Effet de la présence d'un grand nombre d'abonnés.* — Rappelons que nous nous supposons toujours dans le cas d'une grande exploitation, desservant de nombreux abonnés, de façon que les caprices d'un abonné n'exercent aucune influence appréciable sur la marche générale de l'usine. Soit une usine desservant un seul abonné qui allume en général un petit nombre de lampes et exceptionnellement un grand nombre. L'usine devra être toujours prête à fournir la puissance totale installée chez cet abonné ; la puissance installée à l'usine et la puissance des canalisations, égales ou supérieures à celle de de l'abonné, seront mal utilisées. Soit au contraire un grand nombre d'abonnés suivant un régime analogue ; les maxima de consommation de tous les abonnés ne coïncideront pas. La puissance de l'usine et des canalisations sera inférieure à la somme des puissances installées chez les abonnées et elle sera bien mieux utilisée. Le grand nombre de lampes qu'un abonné unique allumera, par exemple une fois par mois, coûtera très cher à desser-

vir. Mille abonnés allumant chacun un même nombre de lampes une fois par mois mais à des jours différents coûteront bien moins cher par kilowatt-heure.

IV. Tarification d'après le prix de revient. — 1° *Taxe proportionnelle à la puissance de l'abonné.* — L'élément de dépense n° 1 sera assez facile à appliquer quand il y aura lieu. Un contrôle chez l'abonné n'est pas utile. Des fusibles ou autres appareils analogues placés à l'origine de l'installation garantiront l'exploitant contre une demande exagérée de l'abonné à un moment donné. Au besoin la garantie serait donnée par le compteur lui-même qui ne peut fonctionner sans avarie au delà d'une certaine puissance. Une grande précision n'est pas nécessaire, les redevances à percevoir de ce chef étant peu considérables.

On peut seulement se demander si en pratique l'importance de cet élément est suffisante pour justifier une complication de plus dans le tarif.

On peut encore objecter que la pose de transformateurs individuels n'est pas une nécessité de la distribution électrique. Les distributions par courant continu y échappent; de même les distributions par courant alternatif avec sous-stations comprenant plusieurs transformateurs que l'on met en marche suivant les besoins. Si l'on juge avantageux dans certains cas d'avoir recours aux transformateurs individuels, c'est dans l'intérêt de tous, et la charge doit se confondre avec les autres charges de production ou préparation. L'opportunité d'une taxe spéciale établie de ce chef et proportionnelle à la puissance de l'abonné est donc discutable.

Fig. 1.

2° *Taxe fixe par abonné.* — L'élément n° 2 serait facile à établir et son importance ne serait pas négligeable pour les petits abonnés.

3° *Répartition des dépenses fixes de préparation.* — La répartition des frais de préparation est plus délicate.

Soit PBACD (fig. 1) la courbe horaire indiquant en abscisses les durées et en ordonnées les puissances débitées et exprimant que, pendant une fraction de l'année proportionnelle à l'abscisse, la puissance est égale ou supérieure à celle qui correspond à l'ordonnée. Pendant la durée Ot la puissance est égale ou supérieure à ta; pendant la durée Ot', la puissance est égale ou supérieure à $t'a'$; pendant la durée tt' la puissance est comprise entre ta et $t'a'$.

On a quelquefois raisonné comme suit : ce sont les forts débits qui nécessitent les dépenses de préparation; l'énerige débitée aux heures de faible charge ne coûte rien comme dépenses de capitaux et analogues. La totalité des dépenses de préparation doit donc être répartie entre les kilowatts-heure produits au moment de la forte charge.

Les autres ne doivent rien avoir à supporter de ce chef, et être seulement grevés des frais de production proprement dits. — Tout d'abord, où sera la limite de la forte et de la faible charge ? Théoriquement toute la dépense fixe de préparation devrait être répartie entre le petit nombre de kilowatts-heure produits au moment du maximum de charge ; on en arriverait ainsi à des absurdités. Abstraction faite de cette difficulté, plus théorique que pratique, le raisonnement nous paraît excessif. Que les kilowatts-heure produits au moment de la faible charge supportent une plus faible part des frais de préparation, la chose est fort juste, mais aller jusqu'à l'exemption complète nous paraît aller trop loin.

Nous proposons le mode de répartition suivant :

Divisons le graphique en bandes horizontales. Chaque bande représente une fraction de la puissance de l'usine et l'abscisse moyenne de la bande indique pendant combien de temps cette fraction a travaillé. Si les bandes sont au nombre de dix, si elles sont d'égale hauteur et correspondent à des puissances égales, nous aurons ainsi divisé l'usine primitive en dix usines égales, de même puissance et par suite occasionnant la même dépense fixe de préparation. Mais ces usines partielles travaillent pendant des durées inégales et la dépense de préparation, rapportée au kilowatt-heure, sera pour chacune d'elles inversement proportionnelle à cette durée, c'est-à-dire inversement proportionnelle à l'abscisse moyenne de la bande. Les kilowatts-heure produits à l'instant T où la puissance totale est égale à 3/10 du maximum doivent être considérés comme produits par trois de ces usines partielles ayant des dépenses spécifiques inversement proportionnelles aux abscisses. La dépense spécifique moyenne pour les kilowatts-heure produits à l'instant T est donc proportionnelle à la moyenne des inverses des abscisses de la ligne brisée ACDE. On établirait une courbe telle que GHK dont les ordonnées seraient proportionnelles à la dépense spécifique par kilowatt-heure aux divers instants. L'échelle de cette courbe serait à déterminer de façon que la somme des produits des dépenses spécifiques par le nombre de kilowatts-heure correspondant représente la dépense totale de production de l'usine. On arrive ainsi à une dépense spécifique variant pour chaque instant dans le même sens que la puissance débitée par l'usine, mais non en raison directe de cette puissance.

4° *Répartition des dépenses variables de préparation.* — Les dépenses variables de préparation se répartiraient d'une façon analogue en partant du graphique journalier, et l'on arriverait à une dépense spécifique variant dans le même sens que le rapport de la puissance instantanée de l'usine à la puissauce maxima de la journée (ou de la semaine ou du mois).

5° *Répartition des dépenses de production proprement dite.* — Pas de difficulté pour la dépense n° 5.

6° *Ensemble des dépenses de production et de consommation.* — Superposons (fig. 2) les divers graphiques de puissance correspondant aux divers jours de l'année et corrigés de façon à être débarrassés des causes de variations accidentelles. (Pour plus de simplicité nous n'en représentons que trois, dont les deux extrêmes d'été et d'hiver.) Un instant quelconque de l'année sera représenté par un point du plan situé à l'intersection de la courbe correspondant au jour donné et de la verticale correspondant à l'heure donnée.

Si l'on néglige le terme n° 4, pour tenir compte simplement des termes n°s 3 et 5, la dépense spécifique totale variera simplement d'après la puissance débitée à chaque instant ; les points d'égale dépense correspondront à une même puissance instantanée ; ils seront sur une même horizontale telle que AB. Introduisons le terme n° 4 ; à égalité de puissance instantanée la puissance spécifique sera d'autant plus forte qu'elle correspondra à un jour pour lequel le maximum quotidien est plus élevé. Les points correspondant à des dépenses égales seront réunis par des courbes telles que CDE.

En pratique il est commode de faire varier les prix à certaines heures de la journée, les mêmes pendant une saison. Les lignes de séparation seraient donc des lignes brisées telles que GHKLMNP composées de tronçons de verticales réunis par des tronçons de courbes de puissances. Avec de semblables courbes il est facile de suivre les courbes CDE de bien plus près que les horizontales AB. Ainsi se justifie le fait avancé plus haut, que l'introduction du terme n° 4, dépenses variables de préparation, n'amène aucune complication dans la pratique.

V. Tarification d'après le service rendu. — Si nous voulons tarifer d'après le service rendu, d'après la valeur que l'électricité représente pour le consommateur, la question est bien complexe ; nous pouvons cependant faire les remarques suivantes :

1° *Éclairage.* — L'éclairage électrique, au moins dans une ville importante, alimentée déjà au gaz, et n'ayant pas de chute d'eau pour produire l'électricité, reste un éclairage relativement coûteux; il offrira peu d'intérêt pour les ménages peu fortunés qui ne peuvent rechercher le luxe et l'agrément; le service rendu sera faible. Il sera au contraire très grand pour les particuliers riches, qui veulent l'agrément et peuvent le payer et qui ne peuvent se le procurer autrement qu'en s'abonnant, leur puissance étant encore trop faible pour motiver une usine spéciale, et la situation de leurs immeubles rendant la construction de cette usine fort difficile.

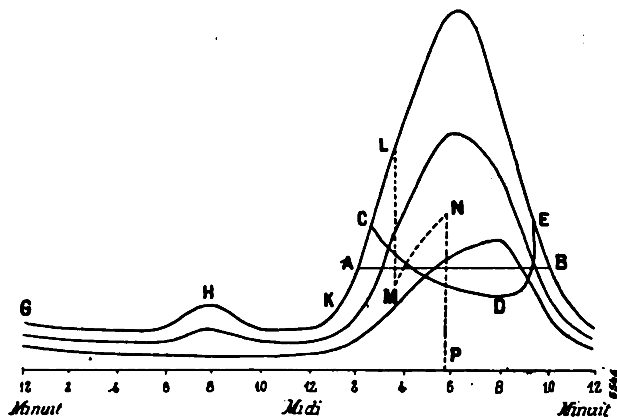


Fig. 2.

Les théâtres seront le plus souvent dans le même cas.

De très gros consommateurs, tels qu'une grande usine, une grande gare de chemin de fer, auront souvent la possibilité de produire eux-mêmes l'électricité à des conditions aussi avantageuses que le service chargé de la distribution générale, et il ne pourra y avoir service rendu que si l'énergie électrique est livrée à un prix assez bas.

2° *Force motrice.* — La force motrice, en dehors de l'électricité, peut s'obtenir dans des conditions d'autant meilleures que la puissance installée sera plus grande, la marche plus régulière, le prix des terrains moins élevé, le bruit ou la fumée moins gênants pour le voisinage. La valeur du service rendu variera dans ces conditions.

Pour de très faibles forces motrices, telles que le moteur humain peut les produire sans difficulté (machine à coudre, par exemple), l'électricité offre un avantage dont on peut au besoin se passer ; le service rendu diminue.

3° *Comparaison de l'éclairage et de la force motrice.* — *Usages divers.* — Entre les services rendus par l'électricité agent de lumière, et les services rendus par l'électricité agent de force motrice, nous ne voyons *a priori* aucune différence essentielle provenant du mode d'emploi. C'est là une question d'espèce.

L'électricité agent de chauffage a pour le moment des concurrents trop sérieux pour pouvoir lutter en dehors de quelques cas particuliers, chauffage de locaux très exigus et non ventilés. Dans ces cas-là le service rendu est évidemment très grand.

Les autres emplois, charge des accumulateurs, électrochimie, arc électrique pour

***

action chimique, rendent des services dont il est difficile d'apprécier *a priori* la valeur.

4° *Consommation de luxe.* — Si à côté du service rendu on veut considérer l'usage plus ou moins somptuaire qui est fait de l'électricité et faire porter sur la consommation de luxe une part du tarif correspondant à un impôt, on serait amené à frapper plus fortement le gros consommateur de lumière tant que la consommation est faite pour les usages domestiques ou pour certains autres usages comme cafés, théâtres, etc ; à alléger le petit consommateur de lumière, ainsi que toutes les consommations faites pour usages industriels, qu'il s'agisse de lumière, force, chauffage ou électrochimie.

VI. Résumé des conditions d'un tarif théorique. — Nous arriverions, au moins en théorie, à un premier tarif basé sur le prix de revient et comprenant :

1° Une taxe proportionnelle à la puissance maxima dont l'abonné voudrait faire usage, taxe applicable seulement aux distributions alternatives avec transformateurs individuels et discutable même dans ce cas.

2° Une taxe fixe par abonné.

3° Une taxe par kilowatt-heure dont le taux varierait à chaque instant. Cette taxe serait d'autant plus élevée que la puissance instantanée débitée par l'usine serait elle-même plus élevée et que le maximum débité pendant la journée correspondante serait moins élevé. En pratique, on se contenterait de faire varier le prix suivant l'heure. Les divers prix et les heures correspondant au changement de prix pourraient varier suivant les saisons.

Si l'on veut faire intervenir la valeur du service rendu, ou frapper les usages de l'électricité d'après le caractère plus ou moins somptuaire qu'ils présentent, on introduirait les correctifs suivants :

4° Allègement de taxe pour les petits consommateurs (ce qui agirait en sens inverse de la taxe n° 2).

5° Allègement de taxe pour les divers usages industriels.

VII. Exemples de tarifs. — 1° *Tarif à forfait.* — L'abonné paie tant par mois et par kilowatt installé. Ce tarif est adopté dans de petites localités où l'on pouvait craindre que la surveillance et l'entretien des compteurs fût difficile et où l'on cherche la simplicité avant tout. Il exige un contrôle très fréquent du fournisseur chez l'abonné. Sinon rien de plus facile à celui-ci que d'augmenter sa puissance, remplacer une lampe par une autre plus forte, etc. Il pousse au gaspillage sans grand profit pour le consommateur et au détriment du producteur. L'expérience a démontré que dans les distributions avec compteurs, la puissance maxima consommée reste toujours bien inférieure à la puissance totale installée chez les abonnés. Par exemple 1 500 kilowatts installés seront facilement desservis avec une usine pouvant donner 1 000 kilowatts de puissance totale aux compteurs des abonnés. Il n'en est plus de même avec un tarif à forfait où l'abonné n'aura pas intérêt à réduire sa consommation ; il faudra que l'usine puisse à peu près fournir les 1 500 kilowatts ; et l'augmentation de dépense retombera finalement sur l'abonné. Ce tarif serait donc une mauvaise combinaison, même dans le cas d'une usine hydraulique où l'on admettrait que toutes les dépenses sont proportionnelles au nombre de kilowatts installés à l'usine et indépendantes du nombre de kilowatts-heure débités dans l'année.

Un semblable tarif a en plus l'inconvénient de pousser l'abonné à diminuer le nombre des lampes et à n'installer que celles pour lesquelles il prévoit une longue durée de fonctionnement. Or un grand nombre de lampes, par exemple dans des caves, cabinets noirs, water-closets, brûlant un petit nombre d'heures par an, peuvent rendre des services consi-

dérables à l'abonné et être pour le fournisseur une source de profit appréciable. Leur installation est pratiquement prohibée dans les conditions que nous venons de voir.

2° *Tarif uniforme au compteur.* — Ce tarif est peu appliqué et ne tient compte d'aucune des circonstances examinées plus haut.

3° *Tarif basé sur l'usage qui est fait de l'électricité.* — Ce tarif est assez répandu. Il consiste généralement en deux prix, un prix fort pour l'éclairage et un prix faible pour la force motrice. Il est naturel d'admettre que le régime de la consommation est différent suivant l'usage qui est fait du courant, et que si l'on appliquait à chacun d'eux une taxe variable établie comme il est dit n° 3 du chapitre VI, on aurait pour l'éclairage et la force motrice deux prix différents, mais les mêmes pour les divers abonnés. La chose est vraie en gros ; mais il n'est pas juste d'admettre que tous les consommateurs pour l'éclairage auront un même régime, que tous les consommateurs pour la force motrice auront un même régime. Dans des bureaux bien éclairés naturellement, et fermant à 7 heures du soir, on consommera peu et seulement aux heures de maximum ; dans un café restant ouvert assez tard, dans un théâtre, dans un sous-sol naturellement mal éclairé, on consommera beaucoup et en dehors des heures de maximum. Des moteurs marchant toute la journée coûteront plus cher par kilowatt-heure au producteur d'électricité que des moteurs s'arrêtant au moment où commence l'allumage général.

Ce tarif ne correspond donc que grossièrement à la réalité des faits et l'abonné n'a nullement intérêt à régler son régime conformément aux intérêts du producteur. Ce dernier, pour un égal bénéfice, est donc amené à un tarif plus élevé que dans le cas contraire, et c'est le consommateur qui finalement en subit les conséquences.

Enfin, il faut un contrôle assez sérieux, et par suite vexatoire pour l'abonné, afin d'empêcher par exemple que l'énergie enregistrée au compteur de force motrice ne serve à l'éclairage.

Pour une installation mixte comprenant éclairage et force motrice, il faut deux compteurs.

4° *Tarif basé sur la nature des abonnés.* — Certaines compagnies, libres de leurs tarifs en dessous d'un maximum déterminé, apprécient *au jugé* le régime que suivra chaque abonné et fixent en conséquence le tarif pour chacun. Elles peuvent avoir des prix différents pour un appartement privé, pour un bureau fermant à 5 heures du soir, pour un bureau fermant à 7 heures, pour un théâtre, pour un café, pour une usine, etc.

Une pareille tarification est fort délicate à réglementer et pourrait donner lieu à bien des contestations. Si on supprime toute réglementation pour fixer seulement un maximum, et en dessous de ce maximum laisser toute liberté au producteur, ce dernier pourra arbitrairement favoriser tel ou tel ; s'il ne le fait pas, il pourra facilement être soupçonné de le faire.

D'autre part, sauf la nécessité d'un contrôle, ce tarif soulève à peu près les mêmes objections que le précédent.

5° *Tarif basé sur l'usage qui est fait de l'électricité et variable avec le quantum consommé.* — Sur le taux variable d'après le mode d'usage nous n'avons pas à répéter ce qui vient d'être dit.

Le rabais variant d'après le quantum consommé introduit d'une façon indirecte la taxe n° 2 du chapitre VI (constante par abonné) et favorise en outre les très gros consommateurs qui sans cela pourraient échapper. Le principe nous paraît assez bien motivé.

6° *Tarif basé sur l'usage qui est fait de l'électricité et variable avec la durée d'utilisation de la puissance installée.* — Nous ne reviendrons pas sur la différence de taxe d'après le mode d'usage.

Le rabais d'après le quantum de consommation par kilowatt installé part d'une idée assez juste ; le régime de consommation varie d'après ce quantum relatif ; à mesure que ce dernier s'élève, la consommation aux heures de faible charge augmentera d'importance par rapport à la consommation aux heures de forte charge, et l'application de la taxe théorique n° 3 du chapitre VI donnera une taxe moyenne plus faible. La chose est vraie en gros, mais n'est vraie qu'en gros. Un bureau, par exemple, aura 500 heures de fonctionnement par an, correspondant toutes au maximum de charge de l'usine. Un appartement aura pour les pièces d'usage courant 500 heures de fonctionnement correspondant au maximum de charge, et dans les pièces de réception, pour une puissance cinq fois plus forte, 100 heures de fonctionnement, tombant dans la soirée, et par suite en dehors du maximum de charge, soit 167 heures de fonctionnement pour l'ensemble de son installation. Il paiera, par kilowatt-heure, plus cher que le bureau, bien que les kilowatts-heure fournis à l'appartement coûtent en moyenne moins cher à produire que les kilowatts-heure fournis au bureau.

Avec ce système, l'abonné n'a pas intérêt à consommer à un moment plutôt qu'à un autre et à régler son régime suivant l'intérêt du producteur, circonstance qui, comme nous l'avons déjà vu, finit par tourner au préjudice du consommateur.

L'abonné est amené à supprimer toutes les installations qui n'auront pas une longue durée d'utilisation, alors que dans l'intérêt de tous, producteur et consommateur, on doit pouvoir installer des lampes dans tous les coins et recoins.

Cette tarification suppose parfaitement connue la puissance installée d'où nécessité d'un contrôle forcément inquisitorial s'il ne doit pas être illusoire, et l'exploitant n'a le choix qu'entre deux alternatives, se rendre insupportable à ses abonnés, ou se laisser duper par eux.

Cette tarification, meilleure que les précédentes, nous paraît encore imparfaite.

Elle peut s'établir sous deux formes, donnant pratiquement le même résultat : 1° Tarif initial élevé et rabais variant avec la durée d'utilisation ; 2° Tarif faible par kilowatt-heure et taxe spéciale par kilowatt installé.

7° *Tarif à échelons de M. Kallmann.* — M. Kallmann a proposé [1] un tarif spécial dit à échelons. Trois horloges, enclanchées et déclanchées par des relais électriques, indiquent pendant combien de temps l'abonné a fonctionné : avec 0 à 20 p. 100, avec 20 à 50 p. 100, avec 50 à 100 p. 100 de la puissance installée, et les prix à payer sont établis en conséquence. Ce tarif revient à peu de chose près au tarif précédent. S'il serre la réalité de plus près, il donne lieu aux mêmes objections : il faut un contrôle minutieux de la puissance installée ; le prix est le même, que la forte consommation de l'abonné coïncide ou non avec la forte charge de l'usine, etc.

8° *Tarif de Brighton.* — C'est le tarif préconisé par M. Wright.

Un instrument spécial indique la puissance maxima consommée par l'abonné, par exemple dans le mois. L'énergie correspondant à l'utilisation de cette puissance, pendant deux heures par jour par exemple, est facturée à un prix fort ; le surplus à un prix faible.

Signalons tout d'abord un des grands avantages de ce tarif. Aucun contrôle n'est nécessaire chez l'abonné. Peu importe au producteur que le courant alimente des lampes ou des moteurs ; peu lui importe que l'abonné ait 5 ou 10 kilowatts installés. Il lui suffit

---

[1] *Elektrotechnische Zeitschrift*, 22 août 1901.

de s'assurer que tout le courant consommé passe bien par le compteur et par l'indicateur de maximum. Nous ne saurions trop vivement insister sur la valeur pratique d'un pareil avantage.

En outre l'abonné n'a plus aucun motif pour ne pas installer toutes les lampes qui peuvent lui être utiles, qu'elles doivent avoir une forte ou une faible durée d'utilisation.

La tarification peut-elle donner pour chaque consommateur un prix de vente moyen proportionnel au prix de revient moyen ? Ici encore nous pouvons répondre que la chose est exacte en gros, mais seulement en gros. D'une façon générale plus il y aura de kilowatts-heure consommés par kilowatt de puissance maxima, plus le nombre de kilowatts-heure consommés en dehors du maximum de charge de l'usine sera grand et plus le tarif moyen résultant de l'application de la taxe théorique n° 3 du chapitre VI sera faible. Il est cependant bien des cas où le tarif de Brighton donnera des résultats fâcheux.

Un théâtre fonctionnant à pleine charge pendant 4 heures de 8 h. à minuit, et un café fonctionnant à pleine charge pendant 4 heures de 6 h. à 10 h. paieront même prix par kilowatt-heure. Cependant le café aura une plus forte proportion de son débit correspondant aux heures du maximum de charge de l'usine et aurait dû payer un prix plus élevé.

Un particulier consomme une puissance constante pour l'éclairage des pièces d'un usage courant, et cela pendant 60 heures par mois. Il paiera à raison d'un horaire de 60 heures. S'il donne une soirée pendant laquelle la puissance est quintuplée, la consommation du mois sera fort peu augmentée, mais le maximum sera cinq fois plus grand. L'horaire, calculé sur ce maximum, sera cinq fois plus petit et le prix du kilowatt-heure majoré en conséquence, ce qui est contre toute justice et contre l'intérêt de tous. Il est vrai que les polices admettent souvent qu'on pourra, pendant une durée limitée, mettre hors circuit l'indicateur de maximum. Mais alors nous tombons dans le régime d'exception et souvent dans l'arbitraire.

Pour un moteur travaillant à pleine puissance, on paiera un certain prix si le moteur travaille de 7 h. du matin à 7 h. du soir et un prix plus élevé si le moteur s'arrête au moment où la charge de l'usine est voisine du maximum, alors que le contraire devrait avoir lieu.

Un consommateur qui ne consomme que pendant le jour ne sera pas mieux traité qu'un autre qui aura même maximum et même nombre de kilowatts-heure, mais fonctionnera pendant la soirée.

En résumé le tarif de Brighton serre la vérité de plus près que les tarifs précédemment examinés. Il ne la serre pas encore d'assez près.

VII. Tarif proposé. — 1° *Mode d'établissement.* — L'application rigoureuse du tarif théorique n° 3 du chapitre VI serait pratiquement impossible et inintelligible pour l'abonné. On peut se rapprocher suffisamment de la vérité en imposant par exemple deux tarifs suivant l'heure de la journée où a lieu la consommation. Les tarifs et les heures de changement seraient au besoin variables avec la saison. A cet égard une division de l'année en deux saisons semble suffisante. A ce tarif pourraient être superposées, sans difficulté pratique : la taxe n° 1 du chapitre VI s'il y a lieu ; la taxe n° 2 si l'on ne juge pas à propos de favoriser spécialement le petit consommateur ; et au besoin la baisse de prix en faveur des très gros consommateurs que l'on ne pourrait retenir sans cela et dont le maintien peut faire baisser le prix de revient moyen et par suite favoriser tous les consommateurs, grands ou petits. Les usages industriels se trouveront tout naturellement favorisés puisque leur consommation aux heures de bas tarif sera plus forte que dans les installations d'éclairage.

Pas plus qu'avec le tarif de Brighton nous n'avons de contrôle à faire chez l'abonné, ni de distinction à faire entre les divers modes d'usage de l'électricité, lumière, force motrice, etc.

Le consommateur paie cher ce qui coûte cher à produire et inversement ; il aura tout intérêt à régler la consommation de façon à assurer une marche aussi uniforme que possible à l'usine, et par suite un faible prix de revient moyen.

Rien ne s'oppose à l'établissement de toutes les lampes qui peuvent être utiles.

Pour réaliser ce mode de taxation on est amené à placer des compteurs à double tarif.

2° *Tarif de Saint-Pancras.* — Un premier moyen, employé par la municipalité de Saint-Pancras à Londres, consiste à diviser la canalisation de l'abonné en deux parties distinctes : l'une comprend l'éclairage des locaux tels que devanture de boutique où arrive facilement la lumière du jour et où, par suite, l'éclairage artificiel ne fonctionne qu'aux heures de maximum ; l'autre partie comprenant tout le surplus de l'installation. Deux compteurs, correspondant à des tarifs différents, peuvent être tour à tour mis en circuit. Grâce à un commutateur spécial le compteur à fort tarif est mis en circuit en même temps que le courant est donné dans la partie de canalisation qui comprend les devantures de boutiques, et inversement.

Le procédé n'est évidemment applicable que dans quelques cas spéciaux.

3° *Compteurs à constante variable.* — On peut faire varier la constante du compteur, soit au moyen d'un commutateur mu par une horloge dont est muni chaque compteur, soit au moyen d'un dispositif d'ensemble actionné à l'usine génératrice. Le compteur n'enregistre plus l'énergie consommée, mais la redevance à payer, sans qu'il soit possible d'en démêler les éléments, c'est-à-dire l'énergie consommée pendant les périodes de haut ou de bas tarif, ni même l'énergie totale consommée. Les vérifications deviennent malaisées ; l'abonné ne peut que difficilement se rendre compte si les clauses de la police sont fidèlement appliquées, et, à tort ou à raison, il deviendra facilement soupçonneux.

Si la constante est modifiée par une horloge placée sur chaque compteur, l'abonné peut à la rigueur vérifier qu'à un moment donné le compteur est dans la position voulue. La vérification est plus difficile avec les systèmes analogues au système Routin où l'usine elle-même fait les manœuvres ayant pour but de modifier la constante, et les soupçons de l'abonné s'accroissent d'autant.

4° *Compteurs à double tarif proprement dits.* — Nous en arrivons finalement au compteur à double tarif proprement dit, non comme au procédé idéal, mais comme au procédé pratiquement le moins imparfait. Le changement de tarif est opéré au moyen d'une horloge, placée sous verre et dont l'abonné peut à chaque instant contrôler la marche. L'appareil indique séparément le nombre de kilowatts-heure consommés pendant les périodes à bas tarif et à haut tarif, et l'abonné peut facilement voir si les deux nombres sont vraisemblables, ou s'il doit demander une vérification du compteur. Le mode de tarification, moins simple que certains autres examinés plus haut, reste néanmoins facile à saisir.

Emploiera-t-on deux compteurs complets, mis tour à tour en circuit par l'horloge, ou bien un compteur comprenant une partie électrique unique et deux minuteries embrayées tour à tour ? La seconde solution nous paraît moins coûteuse et aussi facile à réaliser. Toutes deux ont donné lieu à un certain nombre d'applications.

Objectera-t-on que ce compteur est plus compliqué et plus coûteux qu'un compteur ordinaire ? Les installations mixtes, lumière et force motrice, doivent déjà être munies de deux compteurs pour bénéficier des prix très réduits accordés le plus souvent à la force

motrice. Le tarif de Brighton oblige à doubler chaque compteur d'un indicateur de maxima, et si l'ensemble est moins coûteux et moins compliqué qu'un compteur à double tarif la différence n'est plus bien grande.

En résumé l'emploi du compteur à double tarif serre la réalité de plus près que tout autre système et répond à tous les cas qui peuvent se présenter ; il est aussi compréhensible pour l'abonné que les autres systèmes ; ménage équitablement les intérêts du consommateur et du producteur, assure une bonne utilisation des usines et par suite un prix de revient moyen aussi faible que possible, le tout au prix d'une très faible complication dans l'appareillage. Aussi croyons-nous fort intéressant pour tous de voir le système se répandre de plus en plus.

P. LAURIOL.
Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

LE CONGRÈS DE LA HOUILLE BLANCHE EN SUISSE (¹)

INSTALLATIONS HYDRAULIQUES DE L'USINE DE VOUVRY

GÉNÉRALITÉS — L'eau de la chute de 950 m actionnant cette usine provient du lac Tanay, situé à l'altitude de 1 410 m. Ce dernier, ayant une longueur d'environ 1 km et une largeur de 300 m, sert de réservoir régulateur.

Le bassin d'alimentation de ce lac a une superficie de 7,5 km^2.

La hauteur annuelle de pluie dépasse certainement 1,60 m, de sorte que le volume annuel des eaux est au moins de 12 millions de m^3, même dans le cas où il y aurait une certaine évaporation, compensée du reste à ces altitudes par des condensations non enregistrées par les pluviomètres.

M. Boucher (²), l'ingénieur qui a établi le projet, a constaté par de nombreux essais que le lac est absolument étanche. Comme, d'autre part, la capacité de ce dernier est de plus de 3 millions de m^3, il peut servir de réservoir régulateur pendant toute l'année, c'est-à-dire que le débit journalier peut être absolument régulier, toute l'eau tombant sur le bassin étant utilisée (³).

En supposant que la chute utile soit de 900 m et que les turbines aient un rendement de 75 p. 100, le débit pour une puissance de 1 cheval devra être de $\frac{100}{900} = \frac{1}{9}$ de litre. Le volume d'eau correspondant à l'énergie de 1 cheval-heure est donc de $\frac{3600}{9} = 400$ litres.

L'usine, après aménagements complets, disposera donc annuellement de $\frac{12\,000\,000 \times 1\,000}{400} = 30\,000\,000$ de chevaux-heures aux arbres des turbines.

L'énergie disponible par jour sera de $\frac{30\,000\,000}{365} = 54\,800$ chevaux-heure.

Elle pourra donc fonctionner continuellement avec une puissance uniforme de $\frac{54\,800}{24}$

(¹) Voir la première partie dans le numéro du 29 novembre, p. 289.

(²) M. Boucher, qui assistait au Congrès de la Houille blanche, nous a fait visiter les installations de Vouvry et avec la plus grande amabilité nous a donnés les renseignements ci-dessous. Les dessins techniques ont été empruntés à la *Revue technique de la Suisse romande* qui a publié une étude de M. Boucher sur l'usine de Vouvry.

(³) L'étude du bassin de Lancey, faite par M. A. Bergès, montre également que le réservoir régulateur doit avoir un peu moins du quart du volume annuel des eaux.

= 2 283 chevaux, ou bien débiter chaque jour pendant 10 heures avec une puissance de 5 480 chevaux, etc.

Cette usine est destinée à avoir un service très irrégulier, car elle est doit soutenir l'usine de la Société de la Grande Eau, située à Vuargny, à 10 km de l'autre côté de la vallée du Rhône. Cette dernière, actionnée par une chute de 200 m de hauteur, ne possède aucun réservoir régulateur et dessert un réseau important comme éclairage et force motrice. Son débit maximum correspond donc à la puissance de la chute à l'étiage. Comme son énergie est employée à l'éclairage et la fourniture de force motrice à des particuliers, la puissance qui lui est demandée est très irrégulière. Comme l'usine de Vouvry vient au secours à l'heure voulue, on pourra desservir avec l'usine actuelle un bien plus grand nombre d'abonnés, l'usine de Vouvry faisant le complément pendant les quelques heures de demande maximum.

Organisation de la chute. — Le niveau moyen du lac est à la cote 1510, et le niveau maximum a été fixé, après entente avec les autorités, à la cote de 1 516 m. Le point le plus bas du fond est à 1 480 m ; la prise se fait actuellement à 1 495 m et se fera ultérieurement à 1 490 m.

Actuellement, la prise se fait par une fissure naturelle de la paroi de rocher du lac, pouvant débiter 346 litres à la seconde (ce qui correspond à une puissance de 3 024 chevaux sur l'arbre des turbines), quantité amplement suffisante pour le moment. On a du reste préparé un tunnel de prise, que l'on achèvera en profitant d'une période de basses eaux.

L'eau provenant de la fissure aboutit au fond d'un puits de 30 m de profondeur (le tunnel de prise préparé aboutit dans ce puits un peu au-dessus), divisé en deux parties par une cloison en tôle perforée. Dans la deuxième partie aboutit l'extrémité supérieure d'une galerie de 3 m² de section, à faible pente, formant réservoir d'eau. A cet effet, cette galerie d'une longueur de 300 m, qui débouche sur le flanc d'un ravin, est fermée à 30 m environ de son extrémité inférieure par une muraille en mortier de ciment renforcée par des poutrelles de fer.

Cette galerie qui, quoique percée dans le rocher compact, a ses parois enduites d'une couche de mortier de ciment, communique avec le puits : 1° par un trou d'homme de 0,80 m de diamètre ; 2° par une conduite en tôle de 0,10 m de diamètre munie d'un robinet-vanne ; 3° à la partie inférieure par trois conduites de 0,40 m de diamètre, qui, dans le puits, aboutissent à des tubulures verticales. Au-dessus de ces tubulures, sont disposés des bouchons coniques maintenus chacun par une chaîne ; en donnant du mou à la chaîne le bouchon ferme la conduite.

Quand la galerie-réservoir est vide, il faut en hautes eaux un effort de 3 000 kg pour soulever un des bouchons ; pour faire la manœuvre, on commence par remplir la galerie-réservoir en ouvrant le robinet-vanne de la conduite de 0,10 m ; cette galerie, une fois remplie, le soulèvement des bouchons est facile.

Dans la muraille fermant la galerie-réservoir à la partie inférieure, sont disposées quatre conduites, l'une de 0,80 m de diamètre munie d'un bouclier, les trois autres ont 0,40 m de diamètre ; deux d'entre elles sont munies de vannes mues par des flotteurs, et la troisième est munie d'un robinet de purge.

Immédiatement au-dessous de la muraille est la chambre d'eau de l'usine, limitée par un déversoir établi en travers du prolongement de la galerie-réservoir. Quand le niveau de l'eau dans cette chambre atteint la crète du déversoir, les flotteurs maintiennent les vannes

de la galerie-réservoir fermées ; quand l'usine fonctionne, le niveau baisse, les flotteurs font ouvrir les vannes de la galerie-réservoir et la quantité d'eau nécessaire coule. Les vannes servent aussi à évacuer l'eau du lac quand il y en a en excès ; il suffit alors de charger les flotteurs.

La conduite forcée commence par une galerie de 100 m de longueur percée dans le rocher, disposée à peu près perpendiculairement à la galerie-réservoir (voir le plan général de la canalisation fig. 9). Cette galerie aboutit à un tuyau de 100 m de longueur et de 0,80 m de diamètre, auquel succède une nouvelle galerie de 800 m de longueur et un nouveau tuyau de 0,80 de diamètre et de de 1200 m de longueur. Dans toute cette partie à faible pente, les tuyaux sont enterrés à une profondeur de 2 m pour éviter le gel, car il peut y avoir des périodes d'assez longue durée pendant lesquelles l'usine ne débite pas.

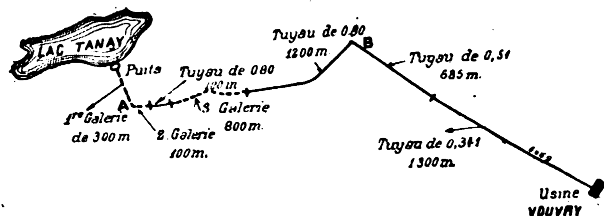


Fig. 9. — Plan général de la canalisation de l'usine hydro-électrique de Vouvry.

Au point B, où aboutit la dernière conduite de 0,80 m, est un tube piézométrique de 25 m de hauteur et de 0,40 m de diamètre.

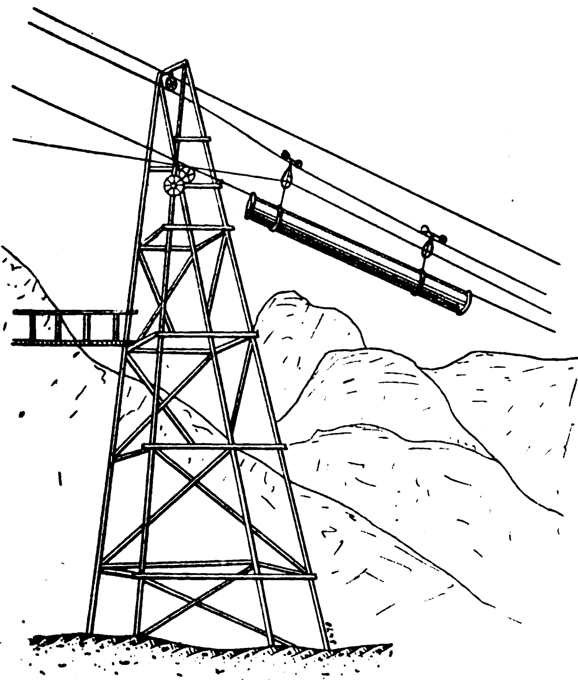


Fig. 10. — Transport par câble aérien des tuyaux en acier destinés à la conduite forcée de l'usine hydro-électrique de Vouvry.

Comme la conduite à l'aval est enfouie dans un terrain à forte pente et que, par suite de la rupture d'un tuyau, l'eau pourrait occasionner des dégâts, on a disposé une soupape destinée à interrompre la communication dans ce cas. Cette soupape est équilibrée par un contrepoids qui la maintient ouverte tant que la pression qui agit sur elle et qui est fonction du carré de la vitesse de l'eau, ne dépasse pas une certaine valeur. Quand, par suite de la rupture d'une partie quelconque de la conduite, la vitesse augmente, la soupape ferme.

La conduite, à l'emplacement de cette soupape, est munie d'un bypass et de deux valves, l'une pour la rentrée de l'air lors de la fermeture de la soupape, l'autre pour l'échappement de l'air lors du remplissage.

A la partie inférieure de la conduite de 0,80 m, dans une cave maçonnée, est fixée une pièce en acier portant trois tubulures de 0,50 m. L'une de ces tubulures dessert la conduite de 0,50 m actuellement en place ; les autres sont destinées à recevoir deux autres conduites de même diamètre, que l'on posera ultérieurement.

La conduite de 0,50 m a une longueur de 635 m ; à sa partie inférieure est adaptée une pièce en acier portant deux tubulures de 341 mm. L'une de ces tubulures est reliée à la

****

conduite de ce diamètre actuellement posée ; l'autre tubulure servira pour une seconde conduite de même diamètre que l'on est en train de poser.

La partie de la conduite qui a 341 mm de diamètre extérieur a une longueur de 1 300 m.

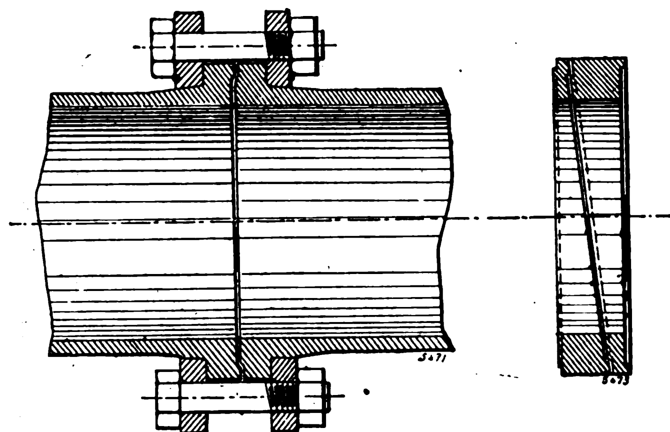


Fig. 11 et 13. — Raccordement mâle et femelle et faux joints appliqués aux tuyaux de la conduite forcée de Vouvry.

A partir du point B, la pente moyenne est de plus de 50 p. 100 ; la conduite est posée à même le sol dans une tranchée de 1,50 m de profondeur environ et recouverte de terre. Elle n'est ancrée nulle part et aucun dispositif n'a été pris pour la dilatation ; du reste, les variations de température y sont évidemment faibles.

Pour le transport des tuyaux dans la partie en forte pente, on a établi un transporteur à fil aérien supporté par des chevalets en bois (fig. 10). Ce transporteur a servi à élever aussi bien les tuyaux de faible diamètre que ceux de 0,80 m établis au-dessus du point B ; la longueur des tronçons de conduite transportés variait de 5 à 10 m et le poids de 800 à 1 000 kg.

Les tuyaux sont en acier doux Martin Siemens (1) ; ils ne sont pas rivés, comme cela a lieu d'ordinaire pour les conduites forcées, mais bien soudés, les uns à la main, les autres au laminoir.



Fig. 12. — Photographie de deux tronçons de tuyaux à raccordement mâle et femelle de l'usine de Vouvry.

Comme ces tuyaux sont faits à la machine, le diamètre extérieur est constant ; l'épaisseur de ceux de 0,50 m de diamètre varie de 7 à 11,5 mm ; celle des tuyaux de 0,341 mm varie de 8 à 18 mm.

Dans les conduites forcées ordinaires, on emploie pour relier les divers tronçons soit des joints à recouvrement rivés, soit des joints à bride avec interposition d'une rondelle en plomb cannelé,

Ici, on a employé un nouveau système de joint qui a donné toute satisfaction ; les tronçons sont munis (fig. 11) de raccordements mâles et femelles, et le serrage a lieu au moyen de boulons reliant deux bagues qui glissent sur les tuyaux ; la figure 12 montre deux tronçons de tuyaux de 341 mm.

L'étanchéité du joint est assurée au moyen d'un anneau en cuivre mince, dans la partie extérieure creuse duquel est introduit un cordon d'amiante ; avant serrage, l'épaisseur de

(1) On emploie toujours pour les conduites forcées de l'acier doux Martin-Siemens qualité chaudière. Les cahiers des charges portent que cet acier doit résister dans les deux sens à une charge de 40 à 45 kg par mm^2 ; l'allongement minimum doit être de 25 p. 100 mesuré sur une éprouvette de 200 mm de longueur.

l'anneau est de 3 mm ; après serrage, elle n'est plus qu'une fraction de millimètre.

Comme la conduite épouse les sinuosités du sol, il a fallu aménager des coudes ; on a renoncé pour cela, à employer soit des tuyaux coudés à l'avance, soit à couder ces derniers sur place et l'on a employé un système de faux joint particulier (fig. 13). Entre les deux tronçons, on place le faux joint de manière que les axes des deux tronçons soient bien dans le prolongement l'un de l'autre, en soutenant le tronçon inférieur. On serre alors légèrement trois des boulons reliant les bagues extérieures, puis, au moyen d'une clef spéciale, on fait tourner l'une des parties du faux joint ; comme celui-ci présente un plan incliné, les axes des deux tronçons divergent ; quand on a obtenu l'angle voulu (qui peut atteindre 10°), on complète le serrage du joint.

La figure 14 représente la partie inférieure de la conduite forcée au bas de la descente ; lors de notre visite, on était en train de poser la deuxième conduite de 341 mm allant se raccorder avec la conduite de 0,50 m existante. On y voit les chevalets du transporteur aérien.

Au bas de la pente rapide, la conduite est amené presque horizontalement jusqu'à proximité de l'usine éloignée de 200 m environ ; elle se termine par une vanne-tiroir en acier de 300 mm avec bypass. En effet, la pression sur la vanne est de 65 tonnes, de sorte que, si le bypass n'existait pas, il serait impossible de la manœuvrer.

A la suite de cette vanne-tiroir est une vanne à piston à manœuvre hydraulique actionnée du tableau, à laquelle succède une croix en acier fondu portant deux tubulures de 341 mm l'une reliée à la canalisation en place, l'autre en attente. La croix porte en outre deux tubulures de 210 mm reliées aux deux canalisations de l'usine, et desservant actuellement chacune deux unités de 500 chevaux.

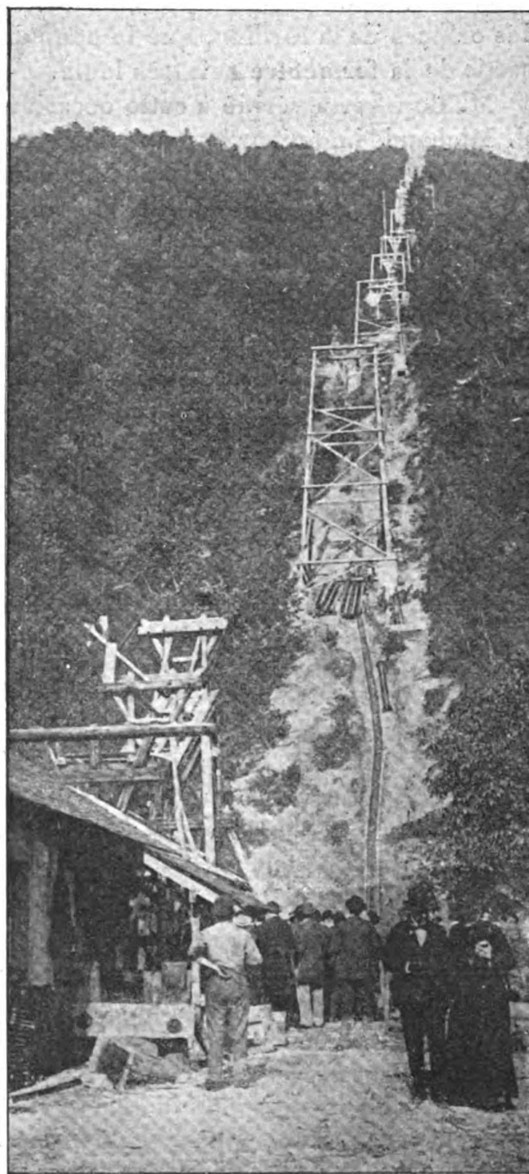


Fig. 14. — Partie inférieure de la conduite forcée de Vouvry. Chevalets du transporteur aérien.

La fermeture de la vanne-piston est si brusque, que lors des essais elle a occasionné un coup de bélier, qui a fait sauter l'un des tronçons de la conduite de 341 mm [1]; on a pris actuellement des précautions pour empêcher le renouvellement de cet accident, que l'on peut

[1] Comme les joints de la conduite sont à emboitement, on dut procéder de la manière suivante pour réparer la conduite. On en a déterré 50 m en aval, et soulevé les deux parties ; on a alors attendu que pendant la nuit un refroidissement de 10° se produise, permettant de rattraper la longueur de 14 mm du joint.

éviter en ralentissant le mouvement de la vanne, ou en installant un bypass fermant lentement après cette dernière.

C'est au moment où la section restant à fermer par la vanne, correspond à la section des orifices de la turbine, que le coup de bélier se produit, il faut donc que cette dernière partie de la fermeture soit très lente.

M. Boucher a vérifié à cette occasion l'exactitude d'une formule très simple établie par M. Michaud, ingénieur hydraulicien à Lausanne, qui permet de déterminer la durée de la fermeture, pour que le coup de bélier ne dépasse pas une certaine valeur.

M. Michaud a bien voulu nous communiquer cette formule, qui peut rendre de grands services dans la pratique; on a $T = \frac{2LV}{gB}$ dans laquelle T est la durée en secondes à donner à la fermeture de la dernière partie de la section, B la surpression exprimée en mètres d'eau ou le coup de bélier, L la longueur de la conduite en mètres, V la vitesse de l'eau dans la conduite en mètres par seconde et g l'accélération due à la pesanteur.

En appliquant cette formule, M. Boucher a trouvé que pour que la surpression ne dépasse pas 5 atmosphères (soit environ 50 m de hauteur d'eau, ou 5 p. 100 de la pression normale) lors de la fermeture d'une vanne desservant une turbine de 500 chevaux, il faut que T soit supérieur à 5 secondes.

(*A suivre.*)

F. Loppé.

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION

Différents modes d'emploi des survolteurs avec batteries d'accumulateurs, par **Lamar Lyndon**. *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, t. XVIII (suite, voir la première partie, *Éclairage Électrique* du 29 novembre).

V. Survolteur différentiel. — L'emploi de celui-ci est indiqué sur les réseaux de tramways ou de moteurs quand la charge varie instantanément et dans de grandes limites.

C.-O. Mailloux a breveté le 24 juin 1890 un mode d'emploi représenté en figures 6 et 7. Dans la première, la batterie E est disposée en série avec l'induit B d'un survolteur dont l'enroulement série S est traversé par le courant total fourni à la ligne LL'; G est la génératrice. La force électromotrice du survolteur, proportionnelle à l'intensité du réseau, dans les limites de saturation, est de sens opposé à celle de la génératrice et tend à décharger la batterie. Quand l'intensité extérieure est faible, la batterie peut se charger; elle décharge, au contraire, quand l'intensité extérieure augmentant, le survolteur élève la tension du circuit de la batterie.

La figure 7 représente une modification; ici on a ajouté au survolteur un enroulement shunt f qui est opposé à l'enroulement série S et tend à produire une force électromotrice de même sens que celle de la génératrice. A intensité normale, les deux excitations s'équilibrent; lorsque l'intensité extérieure augmente, l'enroulement série prédomine et la batterie décharge; elle charge au contraire quand l'intensité extérieure baisse, l'enroulement shunt devenant prédominant.

La figure 8 montre la disposition adoptée par la Gould Storage Battery Company (brevet du 12 juin 1900). M est l'induit d'une génératrice auxiliaire dont la force électromotrice s'oppose au passage du courant dans l'excitation f du survolteur. L'excitation S de la dynamo auxiliaire est traversée par un courant proportionnel (à cause du rhéostat r) à celui du réseau.

La force électromotrice du survolteur s'oppose à celle de la génératrice G. Comme la dynamo auxiliaire s'oppose au passage du courant dans f et que sa tension varie proportionnellement à l'intensité extérieure, la tension du survolteur

doit varier en sens inverse de celle-ci. Quand l'intensité extérieure diminue, il y a augmentation de la force électromotrice du survolteur et,

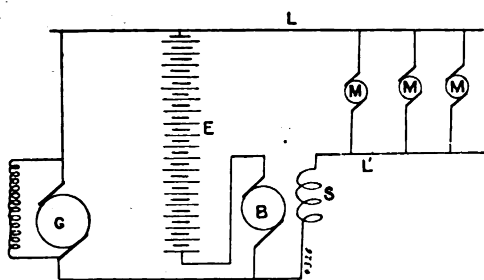


Fig. 6. — Connexions du survolteur différentiel B dont l'induit est en série avec la batterie et dont l'enroulement série S reçoit tout le courant du réseau.

par suite, charge de la batterie. Avec l'augmentation d'intensité extérieure au contraire, la batterie décharge, les variations étant proportionnelles dans les limites de saturation magnétique de l'excitation de M.

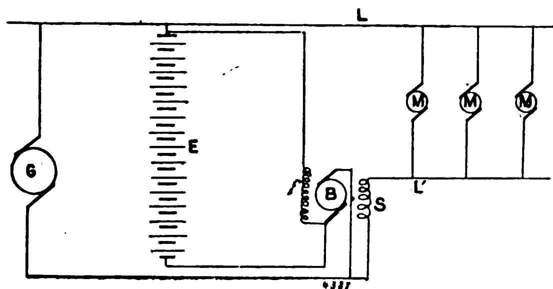


Fig. 7. — Connexions du survolteur différentiel avec enroulement shunt f opposé à l'enroulement série S.

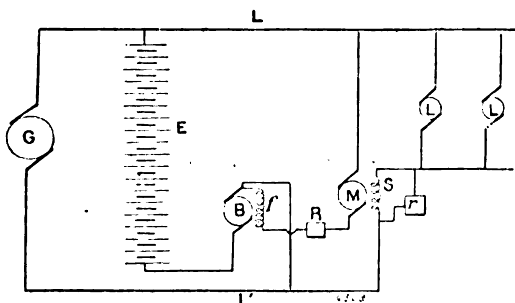


Fig. 8. — Connexions du survolteur différentiel B d'après la Gould Storage Battery Company.

La figure 9 se rapporte à l'emploi le plus répandu du survolteur différentiel d'après le brevet J.-B. Entz du 16 mai 1899.

Le survolteur B a son excitation shunt avec rhéostat R en dérivation sur le réseau. S_1 et S_2 sont des enroulements traversés respectivement par le courant de la génératrice et celui du réseau. Ils agissent ensemble pour produire une force électromotrice opposée à celle de f.

Le dispositif tendant à maintenir le courant de la génératrice constant, on peut considérer que S_1 reste constant. A intensité normale, $f - S_1 - S_2 = o$ et la force électromotrice du survolteur étant nulle, la batterie ne sera traversée par aucun courant. S_2 variant proportionnellement à l'intensité du réseau, toute augmentation

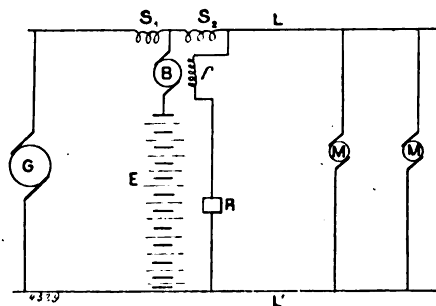


Fig. 9. — Connexions du survolteur différentiel B d'après J.-B. Entz : la bobine S_1 reçoit le courant de la génératrice ; la bobine S_2 reçoit le courant du réseau.

de celle-ci donnera lieu à une décharge et toute diminution, à une charge de la batterie. On se trouve ainsi dans les mêmes conditions qu'avec le système Mailloux, à condition de comparer dans celui-ci l'excitation shunt à l'excitation $f - S_1$.

Le but de l'enroulement S_1 est d'empêcher l'équilibre de se détruire lors d'une variation considérable de la force électromotrice de la batterie. Si celle-ci est plus faible que la normale, elle ne déchargera pas assez rapidement et la génératrice tendra à fournir un courant supérieur au courant normal ; mais alors la bobine S_1 étant également traversée par ce courant plus élevé, la valeur $f - S_1$ diminue et la batterie tend à décharger davantage.

De même, si la force électromotrice de la batterie est supérieure à sa valeur normale, la batterie tendra à se décharger trop rapidement, mais alors la réduction du courant dans S_1 s'y opposera.

Le système est donc absolument automatique. Le rhéostat R permet de faire varier l'excitation

en dérivation f pour compenser les changements de force électromotrice de la batterie.

Ce système trouve son application dans les réseaux mixtes d'éclairage et de moteurs ; les feeders d'éclairage sont reliés au réseau entre le survolteur et la génératrice ; ils ne subissent ainsi aucune fluctuation. Les feeders qui peuvent subir des fluctuations sans inconvénient sont reliés au delà du survolteur.

Ce survolteur peut être employé avec les génératrices compound.

Calcul du survolteur. — Quand l'intensité est normale, il ne doit y avoir aucun courant dans la batterie et la tension du survolteur doit être nulle.

N étant le nombre d'éléments, la tension normale est 2 N et la tension maxima de la batterie chargée 2,3 N. La tension due à l'excitation shunt ne doit pas être inférieure à 2,3 N — 2 N = 0,3 N.

Désignons par

E_m la tension maxima de la génératrice ;

E_a la tension de la batterie ;

V la tension due à l'excitation shunt du survolteur ;

I_x l'intensité du courant de la génératrice ;

R la résistance de la batterie et de l'induit du survolteur ;

t_1 le nombre de tours de la bobine S_1 ;

t_2 le nombre de tours de la bobine S_2 :

I_0 l'intensité du courant extérieur ;

K la tension produite par ampère-tour d'excitation du survolteur ;

h la chute de tension de la génératrice, par ampère ;

En prenant d'abord I_x comme intensité moyenne de la génératrice, $E_m - hI_x = E_0$ est la tension normale aux bornes de la batterie et de son survolteur. Si la génératrice est compoundée, $h = 0$ et si elle est hypercompoundée, h est négatif, de sorte que l'on a $E_m + hI_x = E_0$.

Comme la tension du survolteur doit être nulle quand I_0 est égal à l'intensité moyenne de la génératrice, on a

$$K(t_1 + t_2) I_x = V; \quad \text{d'où} \quad t_1 + t_2 = \frac{V}{KI_x}. \tag{16}$$

Quand l'intensité extérieure croît, la tension due aux bobines-série doit dépasser celle de l'excitation shunt V d'une quantité égale à la perte en volts dans le circuit de la batterie. On doit donc avoir

$$K(t_1 I_x + t_2 I_0) = V + R(I_0 - I_x), \tag{17}$$

Comme I_x doit rester constant, l'accroissement de la force magnéto-motrice série doit être donnée exclusivement par la bobine S_2, ce qui implique la condition

$$t_2 = \frac{R}{K} \tag{18}$$

Ces équations permettent de calculer les trois enroulements.

L'excitation shunt étant prise sur la ligne, on a

$$Kt_1 I_x + Kt_2 I_0 - V + E_a + RI_x - RI_0 - E_m + hI_x = 0 \tag{19}$$

d'où on déduit, en remplaçant Kt_2 par sa valeur R,

$$I_x = \frac{V + E_m - E_a}{Kt_1 + R + h} \tag{20}$$

équation qui montre bien que I_x est indépendant de l'intensité extérieure pour une valeur donnée de E_a.

Si, au contraire, l'excitation shunt est prise aux bornes de la batterie, V est alors variable et peut être exprimé par

$$\frac{VE_a + VRI_0 - VRI_x}{E_n} \tag{21}$$

en appelant E_n la valeur normale de la tension E_a.

L'équation (19) devient ainsi

$$Kt_1 I_x + Kt_2 I_0 - \frac{VE_a}{E_n} - \frac{VRI_0}{E_n} + \frac{VRI_x}{E_n} + E_a + RI_x - RI_0 - E_m + hI_x = 0 \tag{22}$$

d'où

$$I_x = \frac{E_m - E_a + \frac{VE_a}{E_n} + \frac{VRI_0}{E_n}}{Kt_1 + R + h + \frac{VR}{E_n}} \tag{23}$$

qui montre que I_x varie avec I_0 ; mais il varie peu, car le facteur $\frac{VR}{E_n}$ est très faible. Quand la batterie est à l'état normal, on a $E_n = E_a$ et l'intensité I_x est alors

$$I_x = \frac{V + \frac{VRI_0}{E_a}}{Kt_1 + R + h + \frac{VR}{E_a}} \tag{24}$$

Dans la pratique, on munit très souvent ce type de survolteur d'un interrupteur permettant la mise en court-circuit des bobines S_1 et S_2 pour pouvoir effectuer la charge rapide au moyen de la seule excitation shunt.

Comme, en général, la puissance maxima de ce survolteur n'est atteinte que rarement et pendant peu de temps on ne compte que les 70 centièmes de la puissance calculée.

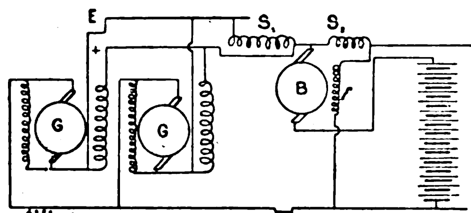


Fig. 10. — Survolteur différentiel avec génératrice compound; la bobine S_1 est insérée entre l'équilibreur et les barres omnibus positives.

Dans le cas où les génératrices sont compound, la bobine S_1 est quelquefois insérée entre l'équilibreur et les barres-omnibus positives (fig. 10). La bobine, quoique n'étant pas traversée par le courant total de la génératrice, donne néanmoins une force électromotrice proportionnelle à ce courant, puisqu'elle est placée en parallèle avec les enroulements série de la génératrice. Dans le calcul de S_1, il est alors nécessaire de connaître la chute de tension des enroulements série. Ce mode de connexions est préférable lorsque le courant des génératrices est grand par rapport au courant maximum de la batterie; il en résulte une diminution du diamètre du fil.

Le survolteur différentiel donne, en cas de surcharge, un courant instantané beaucoup moins élevé de la génératrice que le survolteur compound, à cause de la self-induction des bobines S_1 et S_2 par lesquelles passe le courant total. L'avantage est moindre quand on emploie le montage de la figure 10, car il n'y a plus à considérer alors que la réactance de la bobine S_2 qui est ordinairement beaucoup plus faible que celle de S_1.

Dans les réseaux à bas voltage, lorsque V est très petit et I_0 très grand, il peut être nécessaire d'employer des collecteurs doubles comme il a été dit pour le survolteur compound.

La figure 11 se rapporte au tableau de distribution avec survolteur différentiel. Ce tableau permet les différentes combinaisons suivantes :

a. La génératrice alimente directement le réseau, le survolteur étant hors service.

b. La génératrice alimente le réseau, la batterie étant en parallèle.

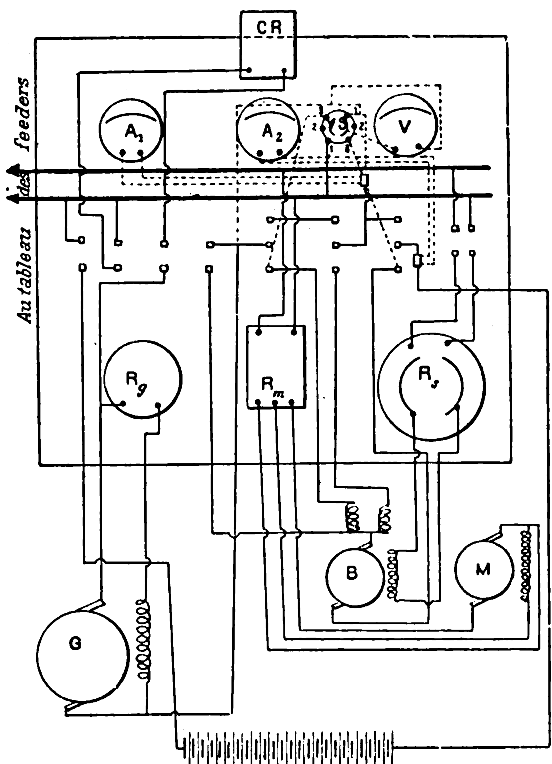


Fig. 11. — Tableau de distribution avec survolteur différentiel.

c. Le survolteur et la batterie en série sont dérivés sur la ligne, les bobines d'excitation étant en service.

d. Le survolteur est en série avec la batterie ; mais son enroulement-série est mis en court-circuit et la batterie se charge.

(*A suivre*.)

L. JUMAU.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET TECHNIQUES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 10 novembre 1902.

Observations et expériences complémentaires relatives à la détermination de la vitesse des rayons X. Sur la nature de ces rayons, par **R. Blondlot.** *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 763-766.

I. Dans les expériences décrites récemment [1], il faut, pour que l'éclat de l'étincelle soit maximum, qu'il s'écoule entre le début de la décharge de l'excitateur et l'extinction du tube focus un temps égal à $\frac{133}{V}$ sec. Comme la longueur d'onde de l'excitateur est égale à 114 cm, cet intervalle de temps correspond à un peu plus de 3 élongations de l'excitateur. D'après la théorie développée antérieurement, cela conduit à admettre que les trois premières élongations ont seules une amplitude notable. Cette conséquence est bien d'accord avec ce que l'on sait de l'amortissement dans les excitateurs.

II. Lorsque l'on rapproche progressivement le tube focus de la coupure, à partir de la position qui donne le maximum d'étincelle jusqu'au tube lui-même, on voit l'éclat de l'étincelle diminuer, passer par un minimum, puis augmenter. L'explication paraît être la suivante : quand le tube est très voisin de la coupure, celle-ci reçoit des rayons X extrêmement intenses, et alors la diminution de concordance dans le temps est compensée et au delà par l'intensité des radiations ; de là une recrudescence d'action quand le tube est tout près et la production d'un minimum pour une distance un peu plus grande. M. Blondlot s'est assuré que cette explication est mathématiquement possible ; cet examen se fait aisément en portant en ordonnées les logarithmes des fonctions à étudier.

III. Afin d'éviter les aigrettes, les fils de transmission étaient recouverts de gutta-percha et engainés dans des tubes de caoutchouc. Pour reconnaître si ce revêtement ne diminuait pas notablement la vitesse de propagation des ondes le long des fils électriques, M. Blondlot a comparé par une méthode d'interférences la vitesse de propagation de ces ondes le long de fils ainsi revêtus et le long de fils nus. La différence de ces vitesses s'est trouvée presque inappréciable, et, en tout cas, la perturbation qui en résulte ne peut causer une erreur relative de $\frac{1,5}{100}$ sur les résultats définitifs.

M. Blondlot décrit ensuite quelques expériences qui, tout en étant seulement qualitatives, ont cependant un certain intérêt comme variantes, et dont les résultats, prévus grâce à la théorie exposée précédemment, en apportent une nouvelle confirmation [1].

[1] *Écl. Élect.*, t. XXXIII, p. 245 et 250, 15 novembre 1902.

[1] Voici ces expériences : « 1° Les fils de transmission étant engainés dans des tubes de caoutchouc à vide, on les a rapprochés et liés ensemble sur une longueur de 40 cm ; la vitesse de la propagation des ondes devait être diminuée, puisqu'elle avait lieu principalement dans le caoutchouc : la position du tube donnant le maximum s'est, en effet, rapprochée de 11 cm ou 12 cm.

« 2° Un condensateur formé de deux plaques de clinquant d'environ 100 cm² de surface, séparées par une âme d'ébonite de 0,8 cm d'épaisseur, fut placé en dérivation sur la ligne de transmission ; cette fois, le retard devait être encore plus grand, et, en effet, on constata que le maximum avait disparu et que l'étincelle diminuait constamment d'éclat à mesure que l'on éloignait le tube.

» 3° Les fils de transmission, longs primitivement de 80 cm, ayant été allongés de 57 cm, longueur supérieure de 4 cm à la distance de la coupure à la position du tube qui donne le maximum dans le cas de fils de 80 cm, on constata que l'étincelle diminuait constamment lorsqu'on éloignait le tube.

» 4° La longueur totale des fils étant réduite à 64 cm, l'étincelle augmentait au contraire au fur et à mesure que l'on éloignait le tube, à partir de la position donnant le minimum, jusqu'à ce que les fils fussent tendus. Même résultat avec des fils plus courts.

» Toutes ces observations sont bien conformes aux prévisions.

» En terminant l'exposé de ces recherches sur la vitesse de propagation des rayons X, j'adresse mes remercîments à M. Virtz, mécanicien à la Faculté des Sciences de Nancy, qui a répété avec le plus grand soin toutes les expériences, et, en particulier, les déterminations si délicates des distances du tube qui donnent à l'étincelle le maximum d'éclat. (Je publierai ailleurs une série d'indications relatives à l'exécution de ces expériences, afin d'épargner aux personnes désireuses de les répéter les longs tâtonnements après lesquels seulement j'ai pu obtenir des résultats bien visibles et certains.)

» Il résulte immédiatement de l'égalité des vitesses de

***Sur le phénomène de Hall et le pouvoir thermo-électrique*, par Edmond van Aubel**, *Comptes rendus*. t. CXXXV, p. 786-788.

Suivant A. von Ettingshausen et W. Nernst [1], le phénomène de Hall serait lié au pouvoir thermo-électrique des métaux. D'autre part, Edmond Becquerel [1] a constaté que l'alliage renfermant 10 parties de bismuth pour 1 partie d'antimoine et le mélange de bismuth et sulfure de bismuth, fondus ensemble à poids égaux, ont un pouvoir thermo-électrique bien supérieur à celui du bismuth pur.

L'auteur s'est proposé de vérifier la conclusion de A. von Ettingshausen et W. Nernst, en étudiant l'effet Hall successivement dans le bismuth pur, un alliage de 8,35 gr d'antimoine pour 91,65 gr de bismuth et un mélange de bismuth et sulfure de bismuth contenant, d'après les analyses de M. Maurice Duysk, 4,36 parties en poids de soufre pour 95,64 de bismuth.

Les électrodes de Hall étaient réunies aux bornes d'un galvanomètre Deprez-d'Arsonval très sensible, dont les déviations du miroir étaient observées avec une lunette, lorsque la plaque étudiée était placée normalement aux lignes de force du champ magnétique. Les deux électrodes de Hall n'étant pas placées exactement sur deux lignes équipotentielles, le miroir du galvanomètre déviait lorsque le courant primaire traversait la plaque étudiée. Cette déviation n'a pas été annulée par compensation, suivant le procédé habituel, car on ne recherchait, provisoirement du moins, que des comparaisons approximatives.

Les résultats [2] montrent que l'effet Hall est

---

propagation des rayons X et de la lumière dans l'air que les rayons X doivent être rapprochés des radiations spectrales. Des hypothèses qui ont été émises relativement à leur nature, deux seulement peuvent subsister : 1° celle qui les considère comme des radiations de très petites longueurs d'onde ; 2° la théorie proposée par E. Wiechert (*Abh. der phys.-œkon. Gesellschaft zu Königsberg* et *Wied, Ann.*, Bd. 59, 1896) et par Sir George Stok es (*Proceedings of the Cambridge, phil. Soc.*, t. IX, 1896, p. 215) et dont voici le principe : les rayons Rœntgen consistent en une succession de pulsations indép endantes partant des points où les molécules projetées de la cathode rencontrent l'anticathode, et commencent à l'instant même de cette rencontre ; ces pulsations sont transversales et se propagent dans l'éther comme les vibrations de la lumière et avec la même vitesse. Ce qui distingue les rayons Rontgen des radiations spectrales, c'est qu'ils consistent, non en vibrations continues de l'éther, mais en pulsations isolées extrêmement brèves. Sir George Stokes a développé cette théorie dans une conférence à la « Manchester litterary and philosophical Society (*Mémoirs and Proceedings of the Manchester lit. and philosophical Society*, t. XLI, 1897). De cette conférence j'extrais le passage suivant : « Supposons » qu'une pluie de molécules tombe sur l'anticathode et » que, après avoir duré quelque temps, elle cesse brus» quement. Suivant les vues que je viens d'exposer sur » la nature des rayons Rœntgen, ces rayons commencent » à prendre naissance en même temps que la pluie de » molécules, continuent à se produire tant que celle-ci » dure et cessent en même temps qu'elle ». Comme d'autre part, les rayons cathodiques ont la même durée que le courant qui traverse le tube de Crookes, puisqu'ils forment eux-mêmes un segment de ce courant, il s'ensuit que les rayons X doivent s'éteindre dès que la décharge a cessé dans le tube. Or, c'est précisément ce que j'ai constaté (voir *Comptes rendus*, t. CXXXV, 1902, p. 669 et *Écl. Élect.* t. XXXIII, p. 246).

» Dans la même conférence, Sir George Stokes montre que son hypothèse fournit l'explication des propriétés caractéristiques des rayons X : absence de réflexion et de réfraction, etc.

» M. A. Sommerfeld a fondé sur cette hypothèse une théorie de la diffraction des rayons X qui rend compte des curieuses expériences de MM. Haga et Wind relative à cette diffraction (*Zeitschrift für Math. u. Phisik*, Bd. 46, 1901, p. 11).

» Enfin, en partant des mêmes idées, le professeur J.-J. Thomson a relié théoriquement les rayons cathodiques et les rayons Rœntgen. (*Phil. Mag.*, 5e série, t. XLV, 1898, p. 172).

» En résumé, l'hypothèse de E. Wiechert et Sir George Stokes rend compte de tous les faits connus jusqu'à présent. »

[1] *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften*. Vienne, vol. XCIV, 1886, p. 560.

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. VIII. 1866, p. 413.

[2] Résultats. — 1. Plaque de bismuth pur. Epaisseur : 1,25 mm.

Intensité du courant traversant l'électro-aimant : 27,8 ampères.

Intensité du courant primaire dans la plaque : 1,440 ampère.

Lecture des positions du miroir du galvanomètre :

a. Position initiale 10,00
b. Courant primaire dans la plaque 11,02
c. Sous l'action de l'électro-aimant { un sens d'aimantation (A). 10,20 / autre sens d'aimantation (B) 12,35

Effet Hall proportionnel à 12,35 — 10,20 = 2,15.

2. Plaque de l'alliage de bismuth et d'antimoine. Epaisseur : 1,55 mm.

Intensité du courant traversant l'électro-aimant : 26,5 ampères.

Intensité du courant primaire dans la plaque : 1,435 ampère.

Lectures des positions du miroir du galvanomètre :

a. Position initiale 10,0

le plus intense dans le mélange de bismuth et de sulfure de bismuth. Dans cette plaque, le phénomène a une intensité triple de celle que donne la lame de bismuth pur, bien que l'épaisseur soit notablement plus forte. L'alliage de bismuth et d'antimoine considéré donne également lieu à un effet Hall très intense, plus que double de celui observé avec le bismuth pur, qui est, de tous les corps étudiés jusqu'ici, celui dont le coefficient rotatoire de Hall est négatif et de beaucoup le plus élevé. D'ailleurs ce pouvoir rotatoire a le même signe dans les trois expériences.

Ces mesures confirment donc la conclusion de A. von Ettingshausen et W. Nernst.

Les expériences dont il a été question jusqu'ici ont été faites en plaçant les lames dans l'air, à la température du laboratoire. L'auteur a ensuite comparé les intensités de l'effet Hall, à la température du laboratoire et dans l'air liquide, pour la plaque formée par le mélange bismuth et sulfure de bismuth. Dans ce but les pôles de l'électro-aimant ont été écartés jusqu'à être distants de 53 mm, afin qu'il fût possible de placer entre eux une éprouvette en verre à doubles parois de Dewar, contenant l'air liquide. En opérant comme précédemment, M. van Aubel a trouvé que, si l'on mesurait l'effet Hall par la déviation double observée au galvanomètre, on obtenait 2,35 à la température du laboratoire et 8,76 lorsque la plaque était placée dans l'air liquide. L'intensité du phénomène de Hall devenait donc, pour le mélange considéré, plus de trois fois plus grande dans l'air liquide.

Sur la conductibilité des dissolutions aux basses températures, par **J. Kunz**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 788-790.

L'affaiblissement considérable de la conductibilité électrolytique aux basses températures peut provenir de deux causes. Elle peut être attribuée soit à l'abaissement du degré de dissociation, soit à la viscosité croissante que le milieu oppose aux ions.

Kohlrausch [1] a reconnu que les formules empiriques qui représentent bien les observations de Desguine [2], faites au-dessus de zéro, indiqueraient, si l'extrapolation était permise, une conductibilité tombant à zéro, pour tous les électrolytes indistinctement, à la température de — 39°. S'il en était réellement ainsi, il est clair que la cause devrait en être cherchée dans l'état du dissolvant commun à tous les électrolytes. On peut encore trouver un argument à l'appui de cette manière de voir dans les valeurs numériques assez voisines du coefficient de variation thermique de la conductibilité des dissolutions et de celui de la viscosité de l'eau, mesuré directement.

M. Kunz s'est proposé de soumettre ces vues de Kohlrausch au contrôle de l'expérience, par des mesures de conductibilités électrolytiques à des températures aussi basses que possible. Après bien des essais infructueux sur les électrolytes surfondus, il a dû restreindre ses recherches aux dissolutions concentrées, à point de congélation très bas, d'acide sulfurique, de soude caustique et de chlorure de calcium. Il a pu atteindre, avec les solutions d'acide sulfurique de 45 à 70 p. 100, des températures inférieures à — 70° [3].

---

b. Courant primaire dans la plaque 10,82
c. Sous l'action de l'électro-aimant { un sens d'aimantation (A) . 7,96
{ autre sens d'aimantation (B) 13,85
Effet Hall proportionnnel à 13,85 — 7,96 = 5,89.

3. Plaque du mélange de bismuth et sulfure de bismuth. Epaisseur : 1,60 mm.

Intensité du courant traversant l'électro-aimant : 28,2 ampères.

Intensité du courant primaire dans la plaque : 1,440 ampère.

. . . .

Lecture des positions du miroir du galvanomètre :
a. Position initiale 10,0
b. Courant primaire dans la plaque 10,32
c. Sous l'action de l'électro-aimant { un sens d'aimantation (A) . 7,15
{ autre sens d'aimantation (B) 13,72
Effet Hall proportionnel à 13,72 — 7,15 = 6,57.

(1) Kohlrausch, *Sitzungsberichte Akad. d. Wiss.* Berlin, t. XLII, 1901.

(2) Desguine, *Thèse*, Strasbourg, 1895.

(3) Les résistances ont été déterminées par la méthode de Kohlrausch, avec un pont à fil exactement calibré. Les températures, jusqu'à — 35°, ont été mesurées avec un thermomètre normal de Pernet, et, au-dessous, au moyen d'un couple constantan-fer, préalablement étalonné. Les trois causes d'erreur de la méthode, la self-induction, la capacité et la polarisation, ont été éliminées par des procédés connus. Le tableau suivant donne un extrait des mesures sur l'acide sulfurique : k est la conductibilité en unités C. G. S.

19,1 pour 100.

Température .	0° —	5°,7 —	10°,7 —	15°,2 —	18°4
$10^3 \times k$ . . .	519	478	370	266	194

La conductibilité tracée pour les diverses solutions d'acide sulfurique à la température de 0° concorde bien avec les observations antérieures de M. Bouty.

Les courbes représentant la conductibilité en fonction de la température, ajoute M. Kunz, ne rencontrent pas l'axe des abscisses à — 39°, comme l'avait supposé Kohlrausch, en extrapolant. Elles semblent, au contraire, ne devoir l'atteindre qu'au zéro absolu. Mais la similitude d'allure de ces courbes vient corroborer l'idée qui est à la base de cette hypothèse, à savoir que *la cause principale de la radiation thermique réside dans la viscosité du milieu pour les ions.*

Ces expériences montrent aussi bien clairement le contraste des propriétés des électrolytes et des métaux. Tandis que la *résistance* de ceux-ci s'annule au zéro absolu, c'est la *conductibilité* des électrolytes qui semble y tendre vers une valeur nulle.

Nouvelles expériences sur la résistance électrique du sélénium et ses applications à la transmission des images et des impressions lumineuses, par **Dussaud**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 790-791.

S'occupant depuis longtemps de la vision à distance par l'électricité, l'auteur donne dans cette note une description succincte des appareils qu'il emploie.

Le poste transmetteur se compose d'une surface plane, non conductrice, divisée par de légères cloisons en carrés égaux d'environ 5 cm de côté ; dans chacun d'eux est disposée une bobine, formée d'une lame en matière isolante, sur laquelle sont enroulés deux fils de cuivre de petit diamètre, noyés dans une couche de sélénium préparée de manière à lui assurer le maximum de sensibilité. Un de ces fils est parcouru par un faible courant électrique d'ordre téléphonique.

Lorsqu'on éclaire la couche de sélénium, celle-ci acquiert une conductibilité d'autant plus grande que l'éclairage est plus intense et laisse passer une partie du courant dans le second fil.

Ce dernier est relié à une bobine munie d'un contact, faisant l'office d'un servo-moteur, destiné à agir sur un courant local d'une énergie suffisante pour allumer des lampes à incandescence au poste récepteur, qui se compose, ainsi que le poste transmetteur, d'une surface plane divisée aussi par des cloisons en un même nombre de cellules carrées contenant chacune une lampe à incandescence.

Lorsqu'au poste transmetteur on éclaire une ou plusieurs bobines recouvertes de sélénium, la conductibilité qui se développe permet à un faible courant de traverser le second fil relié au servo-moteur ; on voit alors s'éclairer, au poste d'arrivée, les lampes correspondantes à celles frappées par la lumière au poste de départ.

L'auteur conclut que, « d'après ses expériences, il sera possible de transmettre des impressions lumineuses et des images à grandes distances. »

Séance du 17 novembre 1902.

Sur l'analogie entre les rayons X et les oscillations hertziennes, par **P. Duhem**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 845-846.

A propos des notes récentes de M. Blondlot, l'auteur fait les remarques suivantes :

« On sait que Helmholtz a donné, de la propagation des ondes dans les milieux diélectiques, une théorie qui admet l'existence non seulement d'ondes transversales, mais encore d'ondes longitudinales ; la vitesse de propagation de ces dernières dépend de la valeur du coefficient k.

A — 15°,2 et — 18°,4, la solution était congelée.

32,66 pour 100.

Température.	0°	—9°,4	—14°,2	—19°,8	—34°,1	—41°,6
$10^3 \times k$	500	398	342	301	168	66,0

A — 44°,6, la solution se congela aussitôt après la mesure.

42,05 pour 100.

Température.	0°	—10°,9	—20°,5	—28°,3	—59°,5	—74°,3
$10^8 \times k$	447	335	261	203	28,0	4.7

50,86 pour 100.

Température.	0°	—10°,5	—20°,6	—28°,6	—49°,1	—66°,1
$10^3 \times k$	257	370	194	140	39,2	4,6

A — 66°,1, la solution se congela aussitôt après la mesure.

60,90 pour 100.

Température.	0°	—10°,5	—20°,3	—33°,4	—51°,9	—69°,9
$10^3 \times k$	232	171	124	71,8	19,4	1,31

63,76 pour 100.

Température.	0°	—10°,2	—20°,2	—28°6	—56°,1	—65°,9
$10^3 \times k$	193	143	102	71,9	5,87	0,6

» Dans diverses publications [1], nous avons proposé une détermination de ce coefficient k. Cette détermination conduit aux conclusions que voici [2] :

» *Les ondes électromagnétiques transversales se propagent dans les milieux diélectriques suivant les lois de la théorie électromagnétique de la lumière.*

» *Les ondes électromagnétiques longitudinales se propagent dans tous les milieux diélectriques avec une même vitesse, égale à la vitesse de la lumière dans le vide ; elles se propagent aussi avec cette même vitesse dans les conducteurs parfaits.*

» Dans notre enseignement, nous avons, à plusieurs reprises, fait remarquer l'analogie qui semble exister entre les oscillations électriques longitudinales régies par ces lois et les rayons X. Sans nous faire illusion sur le caractère conjectural de cette analogie, nous avons cru intéressant de la rappeler au moment de la publication des belles expériences de M. Blondlot. »

Sur les électrodes bipolaires, par **André Brochet** et **C.-L. Barillet**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 854-857.

Les auteurs ont étudié comment se comporte une électrode bipolaire lorsqu'elle ne forme pas cloison étanche et, d'une façon générale, quelle est l'influence d'une masse métallique placée dans un électrolyseur et ne communiquant pas avec les électrodes.

Dans une première série de recherches ils ont pris comme électrolyte le sulfate de cuivre, en raison de la facilité de sa décomposition et de de l'exactitude avec laquelle on peut se rendre compte qualitativement et quantitativement de la marche de l'électrolyse. Les résultats publiés dans cette communication ont été obtenus au moyen d'une électrode bipolaire en platine [appelée interélectrode, le côté de cette lame en regard de l'anode étant l'intercathode [3], le côté face à la cathode, l'interanode].

Pour une surface déterminée de l'interélectrode en rapport avec les constantes de l'électrolyseur, on remarque qu'il ne se forme, au-dessous d'une certaine densité de courant, aucun dépôt sur la lame de platine, celle-ci se comportant comme une lame non conductrice et n'ayant d'autre résultat que d'augmenter la résistance ohmique du bain et la tension aux bornes de l'électrolyseur. Mais à partir d'une densité de courant déterminée, correspondant dans tous les cas à une différence de potentiel aux bornes supérieures à la tension de décomposition du sulfate de cuivre, une certaine quantité d'électricité traverse la lame de platine, ce qui est démontré par le dépôt de cuivre sur l'interanode et un dégagement gazeux sur l'intercathode.

Si on augmente le rapport entre la surface de la lame et la section de l'électrolyseur, on remarque que pour une même densité de courant le dépôt sur l'intercathode et la différence de potentiel aux bornes sont plus considérables.

Il ne suffit pas que la différence de potentiel aux bornes soit supérieure à la tension de décomposition pour que le courant traverse la bipolaire, il faut encore que le rapport des surfaces soit assez élevé ; d'ailleurs, sauf le cas où ces surfaces sont presque de mêmes dimensions, le rapport entre la quantité d'électricité traversant la bipolaire et la quantité fournie à l'électrolyseur est toujours très faible, ce qui se conçoit aisément, les lignes du courant passant de préférence par le conducteur liquide, en raison de la résistance apparente présentée par l'interélectrode, du fait de la tension de décomposition et autres phénomènes dus à la polarisation.

Dans le tableau ci-dessous sont réunis quelques résultats obtenus pour un écart de 4 cm, 8 cm et 12 cm entre des électrodes de 13,5 m, de côté.

Les valeurs placées dans les colonnes U indiquent les tensions aux bornes en volts ; les valeurs des colonnes D indiquent, en millimètres, le diamètre du cercle de cuivre. Il y a lieu de

(1) Sur l'interprétation théorique des expériences hertziennes (*L'Éclairage Electrique*, t. IV, 1895, p. 494).

(2) Sur la théorie électrodynamique de Helmholtz et la théorie électromagnétique de la lumière (*Archives néerlandaises des Sciences exactes et naturelles*, série II, t. V, 1901, p. 227).

(3) L'augmentation de poids de la lame de platine correspondant au cuivre déposé sur l'intercathode permet d'évaluer la quantité d'électricité ayant traversé cette lame.

Le dépôt de cuivre affecte des contours variables suivant la déformation du flux de courant produite par l'électrode bipolaire ; dans les conditions des expériences présentes on a toujours eu un cercle au centre de l'intercathode.

remarquer que les dépôts obtenus avec moins de 2 volts sont insignifiants comme épaisseur.

	12 cm.		8 cm.		4 cm.	
I.	U.	D.	U.	D.	U.	D.
amp.	volts	mm	volts	mm	volts	mm
4,0	3,4	50	2,82	50	1,80	30
3,5	»	»	»	»	1,66	25
3,0	2,7	25	2,16	18	1,34	15
2,5	»	»	1,79	14	»	»
2,0	1,83	17	1,45	insignifiant	»	»
1,5	1,38	insignifiant	»	»	»	»

Quant à la quantité d'électricité qui a traversé l'interélectrode, elle est toujours très faible. C'est ainsi qu'avec une distance de 12 cm entre les électrodes et pour une intensité de 4 ampères, c'est-à-dire dans les meilleures conditions du tablau précédent, le dépôt pendant 1 heure n'est que de 0,11 gr sur l'interélectrode, alors qu'il est de 4,46 gr sur la cathode. Il n'est donc passé au travers de la bipolaire que 2,5 p. 100 du courant fourni à l'appareil. Avec une électrode n'ayant que 7,5 cm, le dépôt n'est que de 0,02 gr, ce qui correspond à moins de 0,50 p. 100 du courant total [1].

[1] En terminant les auteurs signalent les faits suivants qu'ils se proposent de décrire plus complètement dans une autre publication :

« 1° Si au lieu d'une électrode bipolaire nous en mettons deux, à densité de courant égale la tension est plus élevée et le dépôt plus faible. De plus, ce dépôt est plus important sur l'interélectrode voisine de l'anode.

» 2° Si l'on déplace une électrode bipolaire soit vers l'anode, soit vers la cathode, on constate que la tension aux bornes diminue.

» 3° Si l'on déplace une électrode bipolaire en maintenant l'intensité constante, on remarque que la surface du dépôt augmente et que son épaisseur diminue si on la rapproche de l'anode ; au contraire, la surface du dépôt diminue, mais son épaisseur augmente, si on la rapproche de la cathode.

» 4° Si l'on prend comme interélectrode une lame de platine dont le côté anode a été recouvert préalablement d'une couche de cuivre, l'interanode agissant comme électrode soluble, il se forme sur l'intercathode un dépôt sensiblement uniforme, puis, lorsque le métal anodique est complètement disparu, la tension aux bornes s'élève presque instantanément et le cuivre déposé sur les bords de l'intercathode se dissout peu à peu ; finalement il reste sur l'intercathode un cercle plus grand que celui obtenu par dépôt direct. Entre le cercle ainsi rongé et le cercle formé par le dépôt pendant la marche régulière se trouve un anneau correspondant à une zone neutre. Ce fait s'explique également d'après ce que nous avons dit précédemment : une ligne de courant, pénétrant par la partie centrale de la lame de platine par le côté intercathode, sortira plutôt par les bords de cette face, lorsqu'il s'y trouve encore du cuivre, que par le côté interanode insoluble.

« 5° Si l'on répète l'essai précédent dans des conditions telles que la tension aux bornes soit inférieure à la tension de décomposition du sulfate de cuivre, le même fait se produit, et le cuivre s'accumule au centre de l'intercathode, puis l'action s'arrête, le poids de la lame restant invariable pendant la durée de l'expérience.

[1] *Écl. Élect.*, t. XXVII, p. 33 et 116 ; t. XXVIII, p. 216 ; t. XXIX, p. 455.

Sur la constante de temps caractéristique de la disparition de la radioactivité induite par le radium dans une enceinte fermée, par **P. Curie**, *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 857-860.

Dans cette note l'auteur examine la manière dont disparaît la radioactivité induite [1] quand on a supprimé l'action du radium.

Si une enceinte fermée renferme un sel solide ou une dissolution de sel de radium, tous les corps placés dans l'enceinte deviennent radioactifs. Si l'on retire de l'enceinte un corps solide qui y a été activé, il perd à l'air libre sont activité suivant une loi d'allure exponentielle, l'activité radiante diminuant de moitié pour des temps de l'ordre de grandeur d'une demi-heure.

Une enceinte en verre s'active intérieurement lorsqu'elle est mise en communication par un tube avec un flacon renfermant un sel de radium. On peut séparer l'enceinte activée du radium en fermant à la lampe le tube de communication ; l'activité des parois de l'enceinte fermée ainsi séparée diminue aussi avec le temps, mais suivant une loi exponentielle bien moins rapide que dans le cas de la désactivation à l'air libre. L'activité décroît alors de moitié en 4 jours.

La loi de désactivation d'une telle enceinte fermée est remarquablement simple. L'intensité du rayonnement I est exprimée en fonction du temps t par une loi exponentielle

$$I = I_0 e^{-\frac{t}{\theta}},$$

I_0 étant l'intensité initiale, e la base des logarithmes népériens et θ une certaine constante qui représente un temps.

Des expériences, faites dans des conditions extrêmement variées, ont toutes donné la même valeur pour la constante de temps θ. La valeur moyenne, qui résulte des déterminations concordantes obtenues dans 24 séries d'expériences,

est : $\theta = 4{,}970 \times 10^5$ secondes (5,752 jours). D'après cette valeur de θ, l'intensité du rayonnement baisse de moitié en 3 jours 23 heures 42 minutes, soit sensiblement en 4 jours.

Séance du 24 novembre 1902

Vitesse de la lumière, par **Perrotin**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 881-884.

Dans cette note, M. Perrotin, directeur de l'Observatoire de Nice, fait connaître les résultats d'une longue série de mesures de la vitesse de la lumière faites d'après la méthode de Fizeau entre l'Observatoire et le mont Vinaigre, dans l'Estérel, à une distance de 46 km. La moyenne pondérée de 1 109 mesures est, pour la vitesse dans le vide, de

$$(299{,}86 \pm 0{,}08)10^8 \text{ cm : sec.}$$

Sur un carburateur automatique pour moteur à explosions, par **A. Krebs**. *Comptes rendus*. t. CXXXV, p. 894-897.

La différence de pression entre l'intérieur du cylindre d'un moteur à explosions et l'atmosphère est une fonction du temps dont la forme dépend évidemment de la rapidité avec laquelle se succèdent les coups de piston, c'est-à-dire de la vitesse de rotation du moteur. Or la quantité d'air aspiré par un orifice d'ouverture constante est proportionnelle à cette différence de pression P, tandis que la quantité de liquide combustible émise par le pulvérisateur est proportionnelle à $P - p$, p représentant la somme de la pression nécessaire pour faire monter le liquide de son niveau au repos jusqu'à l'orifice du pulvérisateur et de la pression nécessaire pour vaincre les forces capillaires. Il en résulte que le rapport entre la quantité d'air et la quantité de liquide combustible formant une cylindrée doit varier en général avec la vitesse de rotation du moteur ; en d'autres termes le travail produit par un coup de piston dépendra de cette vitesse.

M. Krebs a cherché à maintenir constant ce rapport. Or si l'on appelle S la section de l'orifice d'entrée de l'air, s celle du pulvérisateur, δ la densité de l'air, d celle du combustible liquide, ce rapport a pour expression

$$C = \frac{S\sqrt{2gP\delta}}{s\sqrt{2g(P-p)d}} = \frac{S\sqrt{P\delta}}{s\sqrt{(P-p)d}}.$$

Si donc on veut que C reste constant, il faudra, pour une même valeur de s, faire varier S avec P suivant une certaine loi. On reconnait facilement que l'on peut arriver à ce qu'il en soit ainsi en aspirant l'air par deux orifices dont l'un a une section constante et dont l'autre a une section variable déterminée par le mouvement d'un piston dont le déplacement est proportionnel à P.

M. Krebs a fait construire un carburateur répondant à cette condition : le piston régulateur de l'orifice à section variable est maintenu dans sa position d'équilibre par un ressort; lorsque la différence de pression P dépasse une certaine limite, le piston, dont l'une des faces est soumise à la pression atmosphérique et l'autre à la pression de l'air aspiré, se meut et découvre plus ou moins le second orifice d'admission d'air.

Les essais faits avec ce carburateur sur des moteurs à grande vitesse angulaire (150 et 1200 t : m) ont confirmé les vues théoriques ayant conduit à sa construction : on a pu faire varier dans de larges limites la vitesse en conservant la même énergie motrice par coup de piston.

Sur l'ionisation d'une flamme salée, par **Georges Moreau**. *Comptes rendus*, t. CXXXV, p. 898-900.

A température constante, la conductibilité d'une flamme salée, par vaporisation d'une solution alcaline, dépend de la force électromotrice E, de la distance des électrodes plongées dans la flamme et de la concentration de la solution. Si E seule varie, la conductibilité, d'abord proportionnelle à E, tend vers une valeur limite dite *de saturation*.

D'après Arrhénius, la conductibilité serait due à l'ionisation des molécules salines par la chaleur. D'après Wilson [1], l'ionisation serait localisée avec deux électrodes. Les expériences ci-dessous ont permis à l'auteur de préciser le mécanisme de la conduction des flammes [2].

---

(1) Wilson, *Philos. Trans.*, 1899.

(2) « I. Deux petits condensateurs plans en platine sont superposés dans une flamme salée. On charge le condensateur inférieur à une forte différence de potentiel, et l'on observe avec un galvanomètre la conductibilité du second. Elle ne varie pas, que le premier soit ou non chargé. Donc, la dissociation n'existe pas dans la vapeur

Ces expériences le conduisent aux conclusions suivantes :

« D'après l'expérience II, la conductibilité unipolaire d'une vapeur saline est analogue à celle d'une masse d'hydrogène qui entoure un filament de carbone incandescent ou à celle d'une masse gazeuse qui touche un métal illuminé par des radiations ultra-violettes.

» Dans ces deux cas, les expériences de Thomson ont établi la production de corpuscules négatifs à la surface du contact du métal et du gaz. Pour une flamme salée, il semble naturel d'admettre que ces corpuscules se forment aussi au contact d'une électrode négative incandescente. Ils seront détachés des molécules salines probablement grâce à l'énergie cinétique que celles-ci reçoivent de la surface du métal. Une charge négative activera leur séparation, une charge positive la retardera. Ces corpuscules lancés dans la flamme ionisent la vapeur du sel à la façon des radiations uraniques ([1]), d'où la formule (2).

» Une des conséquences de cette interprétation a été observée par Arrhénius : la conductibilité est proportionnelle à la dissociation corpusculaire négative, c'est-à-dire à l'énergie absorbée par la couche gazeuse superficielle ; elle sera donc proportionnelle à l'intensité des radiations émises par la vapeur saline et, par suite des expériences de M. Gouy ([2]), à la racine carrée de la concentration de la solution vaporisée. »

saline avant l'introduction des condensateurs, car le condensateur inférieur chargé absorberait tous les ions.

» II. De part et d'autre d'une flamme salée B brûlent, en contact avec elle, deux flammes non salées de mêmes dimensions, A et C. L'une des armatures d'un condensateur est fixée dans C, l'autre α est, à la même hauteur, mobile à travers les trois flammes. L'armature α étant positive ou négative, on détermine, pour chacune de ses positions et avec un champ électrique constant, la conductibilité du système. Aussitôt que α touche la flamme salée, la conductibilité s'accroît brusquement : considérablement si α est négative et faiblement, si elle est positive. La conductibilité d'une flamme salée est donc nettement unipolaire, et l'ionisation surtout active autour de l'armature négative.

» III. Pour connaître l'ionisation autour de l'armature négative, on étudiera la variation de la conductibilité d'une flamme salée avec la distance des armatures d'un condensateur plongé dans la flamme, la température des deux lames restant constante. On opérera avec un champ électrique invariable, assez élevé pour produire à peu près le courant limite. Alors presque tous les ions formés concourent à la décharge et l'on n'a pas à se préoccuper de ceux qui disparaissent par recombinaison ou entraînement de la flamme.

» Si x est la distance des électrodes, on trouve que le courant est très exactement représenté par la formule

$$I = I_0(1 - e^{-kx}); \qquad (1)$$

e base des logarithmes népériens, I_0 fonction croissante du champ, de la température des électrodes et de la nature du métal du sel ; k est indépendant du sel et du champ et varie lentement avec la température. Enfin I_0 et k ne dépendent pas de la nature des armatures du condensateur.

» La formule (1) donne, pour l'ionisation dans une tranche-unité à la distance x de l'armature négative,

$$\frac{dI}{dx} = kI_0 e^{-kx}. \qquad (2)$$

» L'ionisation décroît donc suivant une exponentielle de la distance x. »

INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS

SECTION LOCALE DE MANCHESTER

Séance du 18 février 1902.

La construction des tableaux de distribution à haute tension. Comparaison des systèmes anglais et étrangers, par **Henry-W. Clothier**. *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, t. XXXI, p. 1247-1264, août 1902.

Aux débuts de l'industrie électrique, l'importance du tableau de distribution, relativement au reste du matériel de la station centrale, était considérée comme secondaire, erreur qui causa bien des déboires et bien des accidents. On reconnaît aujourd'hui qu'il est le centre de la distribution et sa construction forme une des branches de l'industrie électrique. L'objet de cette communication est d'exposer brièvement la disposition générale des tableaux de stations centrales à courants alternatifs et aussi d'indiquer les principales différences qu'on remarque entre les constructions allemandes et les constructions anglaises. La limite de tension admise en Angleterre étant 11 000 volts environ, l'auteur ne considérera que les appareils employés pour cette tension ou les tensions inférieures.

I. — Notes sur la construction générale des tableaux. — Ils peuvent se diviser en deux

([1]) Rutherford, *Philos. Mag.*, 1899.

([2]) Gouy, *Annales de Chimie et de Physique*, 1879.

catégories : tableaux avec arrière et tableaux sans arrière. Le mot arrière est pris au sens large; il désigne l'espace occupé soit derrière un tableau, soit dans un sous-sol ou un endroit quelconque hors de la vue des employés. Les appareils avec arrière peuvent se subdiviser ainsi :

Tableau plat;
» à châssis multiple;
» cubique;
» à sous-sol;
» à clavier.

Ceux sans arrière se classent de la manière suivante :

Tableau à surface murale;
» à panneaux mobiles;
» à piliers;
» à compartiments.

1° *Tableaux avec arrière :*

Tableau plat. — Ce tableau, très répandu, se compose de panneaux de marbre ou d'ardoise fixés par des boulons à un châssis de métal ou de bois, boulonné lui-même au plancher et rattaché au mur. Le tableau ainsi formé isole de la salle des machines un certain espace ou « arrière », dans lequel on réunit les divers appareils nécessaires et leurs câbles de connexion. Dans ce modèle, qui était employé presque exclusivement dans les premières stations centrales d'Angleterre, les interrupteurs, fusibles, etc., étaient imprudemment placés sur le devant du tableau, tandis que leurs extrémités faisaient saillie à l'arrière et l'on reconnut bientôt les dangers de cette disposition pour les employés. On chercha à améliorer les tableaux de ce genre en protégeant par un couvercle en porcelaine les parties saillant à l'avant, mais les connexions de l'arrière, par l'amas de matière inflammable qu'elles formaient, restèrent une cause d'inquiétude. Les divers perfectionnements imaginés n'ont pas empêché ce modèle d'être abandonné par les constructeurs anglais. Il est au contraire fort répandu encore en Amérique et sur le continent européen, même pour les voltages très élevés. Le tableau de l'usine génératrice des tramways de Glasgow donne un exemple du modèle américain. La tension est de 6 500 volts; tous les conducteurs à haute tension, ainsi que les transformateurs des instruments de mesure, sont placés à 3 m au-dessus du plancher. Les interrupteurs, à rupture sur charbon, sont disposés dans des compartiments formés par des plaques de marbre.

Tableau à châssis multiple. — Il se compose d'un tableau de marbre semblable au précédent, mais dont l'arrière n'est utilisé que pour les connexions des excitatrices et des instruments de mesure à basse tension. Un châssis distinct et sans panneaux, autour duquel le passage est libre, porte les conducteurs à haute tension et les appareils qui leur sont adaptés : fusibles, interrupteurs, barres collectrices, instruments de mesure et transformateurs. Un modèle de ce genre, construit par l'Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft, est en usage à Berlin dans la distribution triphasée. Ce système exige un assez grand espace, mais il a sur le précédent cet avantage que les conducteurs à haute tension sont distribués sur une plus grande surface et accessibles de tous côtés.

Tableau cubique. — Pour les tableaux de feeders, le type cubique Westinghouse, employé à Glasgow, est digne de mention. Il se compose de panneaux pour circuits triphasés, placés l'un derrière l'autre perpendiculairement au mur, de façon à former une succession de chambres ouvertes par un de leurs côtés. Sur les cloisons de ces chambres sont disposées les boîtes de jonction des câbles principaux et les connexions des instruments à basse tension. Les conducteurs à haute tension sont hors de portée, au-dessus d'une plaque de marbre horizontale formant plafond.

Tableau à sous-sol. — Dans plusieurs modèles, l'appareillage des dynamos ou celui du réseau à haute tension (parfois les deux), est disposé dans des compartiments placés au-dessus ou, plus souvent, au-dessous de la plate-forme de l'employé. Les appareils de manœuvre sont commandés par chaîne et pignon denté ou par un système de leviers. Un exemple de ce modèle est le tableau Hélios à Dresde.

Tableau à clavier. — Un appareil de ce genre est installé à la Metropolitan Street Railway C°, à New-York, où il commande 8 alternateurs triphasés de 3 500 kilowatts, fonctionnant à 6 600 volts. Nous reproduisons en note [1] la courte description qu'en donne l'auteur.

---

[1] Comme l'indique la figure 1, un clavier placé sur

2° *Tableaux sans arrière :*

Tableau à surface murale. — Ce modèle fut construit en 1888, par M. Ferranti, pour l'usine génératrice de Deptford, fonctionnant à 10 000 volts. Les conducteurs à haute tension sont supportés par des isolateurs en porcelaine ou en ébonite fixés directement à l'un des murs de l'usine, mais hors de portée; toutes les connexions sont ainsi faciles à reconnaître. Pour empêcher les arcs de s'amorcer, on éloigne beaucoup les conducteurs soumis à des potentiels différents et on place des cloisons de marbre ou d'ardoise aux endroits où l'on ne peut avoir un écartement suffisant. On isole à volonté chaque panneau de la barre collectrice en enlevant une cheville avec un long crochet. Toute la commande des machines se fait par des leviers placés sur la plate-forme. Ainsi les connexions quoique très visibles, sont assez éloignées de l'employé pour écarter toute crainte de contact accidentel.

la première galerie porte de petites manettes disposées de façon à représenter un diagramme des connexions. Derrière ce clavier est le panneau des instruments de mesure, supporté par un châssis en métal. Les interrupteurs des circuits des machines sont doublés, pour le cas où l'un d'eux cesserait de fonctionner; ils sont placés

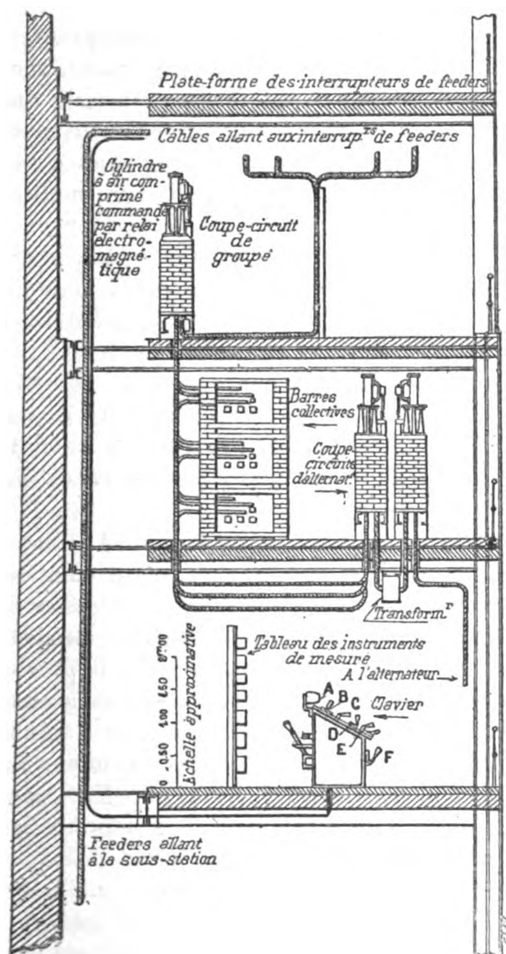


Fig. 1. — Tableau à clavier de la Metropolitan Street Railway.

dans une seconde galerie qui porte aussi les barres collectrices, protégées par une paroi de briques. Ces interrupteurs sont commandés par un cylindre à air comprimé dont les soupapes sont actionnées par des relais électriques reliés au clavier. Dans les modèles plus récents, les cylindres à air comprimé sont remplacés par des moteurs électriques.

Tableau à pilier. — Ce modèle appartient aussi à la construction anglaise. Le meilleur de ce genre fut établi par la Brush C°, sur les plans de M. Raworth. Les instruments de manœuvre et de mesure de chaque groupe électrogène sont renfermés dans un pilier séparé. Les avantages de cette disposition n'ont pas été confirmés par la pratique; elle a paru coûteuse et incommode pour les stations importantes.

Tableau à panneau mobile. — Les panneaux verticaux qui reçoivent les interrupteurs à haute tension, les fusibles et les instruments de mesure sont munis d'une charnière à leur partie inférieure. En faisant tourner le panneau sur sa charnière, on l'isole tout entier des barres collectrices et l'on peut alors atteindre facilement les connexions. Il y a donc un certain intervalle entre les panneaux et le mur, mais il est trop réduit pour qu'on y puisse pénétrer.

Tableau à compartiments. — Plus connu sous le nom de tableau Ferranti, il fut installé pour la première fois, en 1894, à Portsmouth, pour une tension de 2 000 volts. Depuis trois ou quatre ans, on l'emploie en Angleterre presque exclusivement pour les distributions monophasées à 2 000 ou 3 000 volts. La description donnée par l'auteur est résumée dans la note [1].

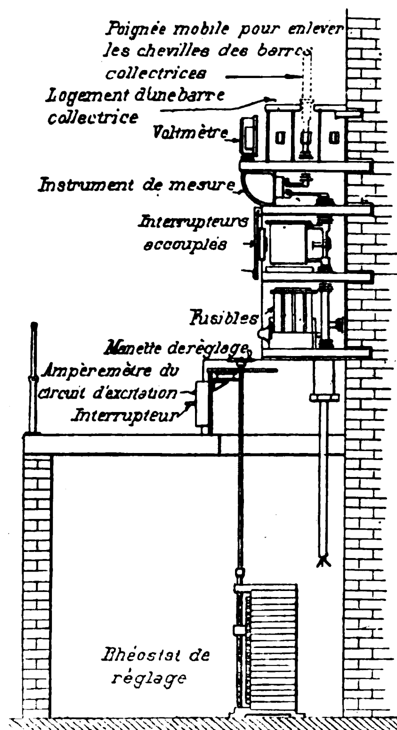
[1] Comme on le voit par la figure 2, le châssis se compose d'un certain nombre d'épaisses plaques de matière isolante scellées dans le mur de l'usine et faisant saillie à l'intérieur. Les espaces ménagés entre elles sont divisés en compartiments par des plaques verticales de matière isolante aussi et s'adaptant à des rainures

La description des divers genres de tableaux se termine ici. Ceux qu'on vient d'examiner sont les types généraux des modèles les plus répandus.

Barres collectrices. — Selon l'auteur, la disposition la plus simple, consistant à coupler toutes les génératrices en parallèle sur un seul ensemble de barres collectrices, est aussi la meilleure. Les autres systèmes augmentent les difficultés de surveillance et les chances d'erreur.

pratiquées dans les plaques horizontales. Dans les compartiments ainsi formés, des isolateurs de porcelaine portent les conducteurs à haute tension et les garnitures métalliques qui reçoivent les interrupteurs, fusibles, appareils de mesure, etc. — Cette disposition élimine entièrement l'espace libre à l'arrière. Tous les conducteurs sont visibles de l'avant du tableau et néanmoins parfaitement abrités par les compartiments. De plus, les matériaux ininflammables et isolants dont est formé le bâti, et l'absence de tout cadre métallique écartent les dangers d'incendie et de choc accidentel.

La figure 2 représente la section du panneau d'un alternateur triphasé de 3 000 kilowatts. Une cheville dont il est muni permet de l'isoler facilement. Tous les appareils à haute tension s'adaptent aux contacts par des chevilles et peuvent être promptement retirés. Il n'existe aucune connexion par câbles. On voit sur le dessin le rhéostat de réglage, l'interrupteur et l'ampèremètre du circuit d'excitation, au-dessous du panneau à haute tension.



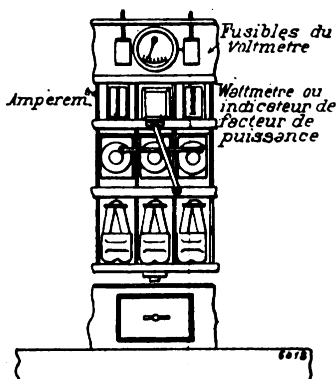


Fig. 2. — Tableau à compartiments.

II. — Notes sur la comparaison des tableaux anglais et allemands. — *Construction générale.* — Comme on vient de le voir, de grands efforts ont été faits en Angleterre pour mettre toutes les parties du tableau assez hors de portée pour n'avoir pas à craindre les contacts accidentels et ce but a été atteint avec le tableau à compartiments, type caractéristique de la construction anglaise. En Allemagne on ne s'est préoccupé que d'assurer la sécurité du personnel sur le devant du tableau. C'est le type à arrière qui a prévalu, avec les modèles que nous avons classés sous les noms de tableau plat, tableau à sous-sol, tableau à châssis multiple. On n'a cherché à abriter ni les barres collectrices, ni les diverses garnitures métalliques montées à l'arrière de l'appareil. De plus, il est bon de noter que la superficie occupée par le tableau à compartiments n'est que le tiers de celle qu'exigent les autres modèles, pour un même nombre de panneaux.

Interrupteurs.— En Allemagne, les interrupteurs principaux sont toujours manœuvrés au moyen de poignées passant à travers les plaques de marbre. Les interrupteurs à huile sont en usage, mais la pratique générale est d'employer les appareils à ouverture lente, qui permettent à l'arc de s'amorcer pour s'éteindre graduellement, comme dans le parafoudre Siemens et Halske. En Angleterre, on emploie les appareils à rupture brusque.

Fusibles. — Les fusibles pour haute tension les plus répandus en Allemagne sont assez semblables à ceux du modèle Bates : ils se composent de tubes de porcelaine ou d'autre matière isolante dans lesquels passent les fils fusibles, dont les extrémités sont soudées aux chevilles qui ferment les tubes. Pour les tensions de 2 000 à 10 000 volts, la longueur de ces tubes varie de 20 à 38 cm. Les tubes porte-plomb de fabrication anglaise sont beaucoup plus longs (ceux de Deptford et de Willesden mesurent de 1,20 m

à 1,50 m) et plus coûteux, surtout ceux à rupture dans l'huile.

Une pratique très fréquente en Allemagne dans la construction des tableaux pour hautes tensions consiste à ne mettre ni fusibles, ni appareils automatiques d'aucune sorte dans les circuits d'alternateurs; quant aux feeders, ils portent des fusibles, mais point d'interrupteurs. Les fusibles, dans ce cas, sont placés dans un sous-sol.

Instruments de mesure. — Les voltmètres électrostatiques, presque universellement adoptés en Angleterre, cèdent la place en Allemagne aux voltmètres électromagnétiques ou à fil chaud reliés à des transformateurs.

On pourrait noter d'autres distinctions de détail entre les tableaux anglais et allemands, mais la différence caractéristique réside, comme on l'a vu, dans les principes de construction.

Conclusions. — Le tableau de distribution pour courants monophasés a pris aujourd'hui une forme fixe, mais, dans le cas des courants triphasés aux tensions de 6 000 à 10 000 volts, plusieurs questions laissent encore place à la discussion.

La première est la disposition des barres collectrices. Le système le plus simple, qui consiste à n'avoir qu'un seul groupe de barres pour un nombre quelconque de machines, paraît le meilleur. En certains cas, cependant, on trouve préférable de partager l'usine génératrice en plusieurs sections. Ainsi, à Manchester, on propose d'affecter un groupe d'alternateurs à la traction et un autre à l'éclairage. Il serait intéressant de savoir quel effet les variations de charge du réseau de traction produiraient sur le réseau d'éclairage si les deux systèmes étaient alimentés en parallèle, étant donné que le courant alternatif à haute tension est converti en courant continu par moteurs-générateurs ou commutatrices. Peut-être pourrait on se dispenser d'installer deux groupes distincts de barres collectrices à haute tension.

Avec une charge équilibrée un seul ampèremètre est nécessaire sur un panneau triphasé, mais on doit pouvoir à l'occasion mesurer l'intensité sur une quelconque des phases, au moyen de cet ampèremètre ou d'un autre.

Sur les panneaux de feeders, la meilleure pratique consiste à placer des fusibles à contacts doubles sur chaque phase. Pour les alternateurs. le cas est différent : on emploiera les disjoncteurs automatiques, ou bien l'on supprimera tout appareil de coupe-circuit.

Les interrupteurs des machines et des feeders doivent ouvrir les circuits sans amener une élévation de tension excessive. Des essais effectués en Angleterre et en Amérique ont montré que la persistance d'un arc à l'air libre même pendant une courte période peut produire des effets de résonance et des oscillations qui élèvent le potentiel à deux ou trois fois sa valeur normale. Ces essais paraissent avoir montré qu'au contraire les élévations excessives de tension ne se produisent pas avec les appareils à rupture dans l'huile.

Les indicateurs de facteur de puissance et les wattmètres sont utiles, sans être indispensables.

P. Labrouste.

DEUTSCHE ELEKTROCHEMISCHE GESELLSCHAFT

Congrès de Wurzburg [1]

La purification de l'eau potable par l'ozone,

par Dr **H.-J. van t'Hoff**. *Zeitschrift f. Elektrochemie*, t. VIII, p. 504.

L'auteur décrit ici l'installation de Vosmaer-Lebret, faite d'abord à Schiedam, ensuite à Nieuwersluis, près d'Amsterdam, en Hollande.

Le courant électrique est produit par une dynamo à courant alternatif d'une tension de 110 volts et d'une fréquence de 100 périodes par seconde. Un transformateur Hélios porte à 10 000 volts la tension utilisée dans l'appareil à ozone. La mise à la terre d'un pôle de celui-ci écarte tout danger. Cet appareil consiste en un grand nombre de tubes métalliques dans chacun desquels l'ozone se forme par décharges obscures. Des dispositions particulières brevetées évitent la production d'étincelles et d'arcs, et il est ainsi possible de travailler sans aucun diélectrique. C'est là comme on sait un avantage considérable. L'appareil de Schiedam a travaillé d'une façon continuelle onze heures par jour pendant deux périodes de 6 mois, et sans aucun trouble. La puissance de cet appareil est 2 500 watts.

L'air est amené à cet appareil à une vitesse de 40 litres par minute, ou plus, après avoir été

[1] Voir *Écl. Élect.*, t. XXXIII, p. 286, 22 novembre 1902.

préalablement desséché par le chlorure de calcium. L'ozonisation a lieu sans aucun refroidissement et on atteint une concentration de 3, 5 à 5 mgr d'ozone par litre, selon la vitesse de l'air. Pour la stérilisation, une concentration de 3 à 3,5 mgr par litre est suffisante. L'air ozonisé est ensuite conduit par une pompe sous un stérilisateur.

Comme source d'eau, on emploie à Schiedam celle qui provient, après une filtration, de l'usine des eaux. Mais à Nieuwersluis, l'eau est de très mauvaise qualité. Cette eau est d'abord passée dans un filtre rapide, système Kröhnke qui enlève les plus grosses impuretés, puis on la conduit au-dessus du stérilisateur à l'aide d'une pompe centrifuge conduite par une turbine Laval de 3 chevaux. L'eau stérilisée s'écoule à la partie inférieure de l'appareil. L'installation complète de Nieuwersluis, qui travaillait aussi à Schiedam, est prévue pour une production de 20 à 30 m^3 à l'heure.

Les qualités chimiques des deux sources d'eau sont les suivantes :

	Schiedam	Nieuwersluis
Matières organiques, en mgr. par litre	4 à 12	11 à 21
Ammoniaque » »	néant	1 à 5
Acide nitrique » »	»	traces
Acide nitreux » »	»	»

La durée du contact entre l'eau et l'air ozonisé est dépendante de la qualité de l'eau.

Les recherches chimiques ont indiqué pour la diminution des substances organiques une valeur de 17 à 76 p. 100, montant même jusque 89 p. 100. On n'observe pas un rapport constant entre les quantités initiale et restante parce que les propriétés des diverses substances organiques doivent jouer un certain rôle.

L'analyse bactériologique des eaux a indiqué les valeurs suivantes :

	Schiedam	Nieuwersluis
Colonies par cm^3	200 à 1 000	20 000
Espèces	6 à 9	8 à 16
Disparaissant	10 à 60 p. 100	25 à 85 p. 100

Des résultats obtenus, il résulte que la pureté est comparable à celle des meilleurs procédés employés jusqu'ici, aussi bien en ce qui concerne le pourcentage de stérilisation que la teneur maxima en germes et la diminution des substances organiques. C'est d'ailleurs ce que montre clairement le tableau suivant :

En ce qui concerne les prix de revient d'ozonisation, ils sont évalués ici à 0,25 à 0,50 pfennig par m^3.

L'auteur conclut que par le traitement de l'eau par l'ozone, on arrive à une destruction plus complète des bactéries que dans le cas de la filtration sur sable.

Il souhaite, au point de vue hygiénique, l'adoption rapide de ce procédé dans tous les établissements d'eau.

L. J.

	TINDAL	TINDAL	TINDAL	MARMIER	SIEMENS ET HALSKE		VOSMAER	
	(Oudshoorn)	(Ostende)	(Bruxelles)	(Lille)	Weyl (Charlottenbourg)	Erlwein (Charlottenbourg)	Schiedam	Nieuwersluis
a. Colonies par cm^3.	800-8 000 000	7 000	600-17 000	1 000-4 000	3 000-84 000	20 000-120 000	200-1 000	20 000
b. Matières organiques	27-40	35-43	40	3-14	20-40	12-18	4-12	11-21
c. Concentration de l'ozone	3,9-5,8	3,5-4	3-4	5,8-9,3	0,7 par litre	3	3-3,5	3
d. Débit de l'eau . .	120 litres	1,8 m^3	25 m^3	35 m^3	3,5-4 m^3	10 m^3	20 m^3	10 m^3
e. Durée de contact.	4-10 minutes	5 min.	—	—	—	—	—	—
f. Stérilisation . . .	33-100 %	33 %	70 %	44-100 %	0	18-30 %	27-56 %	stérilisé
g. Diminution des matières organiques	50-60 %	50 %	37 %	80 %	10-50 %	11-25 %	19-89 %	—
h. Coût	—	—	1 pfennig	1/4-1/3 pf.	0,3-0,7 pf.	1,7 pf.	1/4-1/2 pf.	1/4-1/2 pf.
i. Maximum de colonies	4	15	20	2	440	34	5	0
j. Moyenne des colonies . . , . . .	1	1	1	1	130	4	1	0

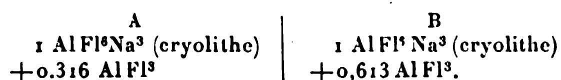
Sur la fabrication de l'aluminium, par le prof. **Dr F. Haber**. *Zeitschrift für Elektrochemie*, t. VIII, p. 607.

Nous avons donné antérieurement [1] une analyse détaillée des travaux de F. Haber et R. Geipert sur cette question. Dans sa communication, F. Haber reprend la description du four qu'il utilise pour ses essais et qui a paru dans la revue que nous venons de signaler.

Il donne ensuite quelques détails sur la conduite de l'opération en employant deux cryolithes artificielles A et B ayant les compositions suivantes :

	A	B
Al Fl^3	45,77	50,70
Na Fl	52,04	46,78
Perte (H^2O) à 110° C.	1,68	1,93

analyses qui correspondent aux formules Al Fl^3, 2,28 Na Fl pour A et Al Fl^3, 1,86 Na Fl pour B ou encore à



A	B
1 Al Fl^6Na^3 (cryolithe) + 0,316 Al Fl^3	1 Al Fl^6 Na^3 (cryolithe) + 0,613 Al Fl^3.

Au sujet de la présence du silicium dans l'aluminium, l'auteur indique comme source principale de cette impureté, la présence de silice dans l'anode. Il est facile, en effet, de choisir la cryolithe artificielle très pauvre en silice; d'autre part, la consommation de cette cryolithe n'atteint que quelques centièmes de la production en aluminium, de sorte que la teneur en silicium de celui-ci dépend peu de celle de la cryolithe. En ce qui concerne l'alumine, il faut également la choisir très pauvre en silice. Pour une teneur de 0,1 p. 100 en silice, comme il faut 1,885 kg d'alumine par kg d'aluminium, on introduit donc 1,885 gr de silice, ce qui correspond à 0,88 gr de silicium et à une teneur de 0,088 p. 100 de silicium dans l'aluminium. L'auteur a employé une alumine renfermant seulement 0,056 p. 100 de SiO^2; 99,594 p. 100 de Al^2O^3; 0,032 p. 100 de Fe^2O^3; 0,050 p. 100 de Na^2O; 0,018 p. 100 de CaO et 0,25 p. 100 de H^2O. Il est beaucoup plus difficile d'éviter l'introduction de silice par le charbon de l'anode. Un charbon choisi parmi les plus pauvres en cendres renfermait encore 0,183 p. 100 de SiO^2.

Le métal obtenu par l'auteur dans ces nouvelles expériences renfermait en moyenne 0,28 p. 100 de silicium. Sur la résistance mécanique des échantillons d'aluminium qu'il présente, F. Haber donne les quelques chiffres suivants :

	Charge de rupture en kg par mm^2.
Fil de 0,57 mm^2 de section	19,6
Lame de 0,333 mm d'épaisseur	10,1
Lame de 0,500 mm d'épaisseur	19,57

L. J.

Four chauffé électriquement, avec enveloppe en feuilles de platine, par le **Dr C. Haagn**. *Zeitschrift für Elektrochemie*; t. VIII, p. 509.

L'auteur décrit d'abord les avantages connus des fours chauffés électriquement. Il présente ensuite un nouveau four qui, par l'utilisation de platine en feuilles n'ayant que 7 millièmes de millimètre d'épaisseur, est d'un prix bien plus faible que celui des anciens fours à fil de platine. Le nouveau four ne renferme, en effet, que $\frac{1}{6}$ à $\frac{1}{10}$ du poids de platine de ces derniers. Il a de plus l'avantage de donner un contact plus intime entre la résistance et le corps à chauffer; par suite, la transmission de chaleur se faisant mieux, les échauffements excessifs sont moins à craindre. La constance de température est extraordinaire et celle-ci suit toutes les variations de l'intensité du courant.

Les tubes employés ici sont de préférence en porcelaine ou en verre; la magnésie offre l'inconvénient de devenir conductrice à haute température et de donner en outre à la cathode des produits de décomposition qui attaquent rapidement le platine.

L'auteur a pu atteindre pendant peu de temps la température de 1700° C., température à laquelle la porcelaine était complètement ramollie, sans endommager les feuilles de platine. En maintenant pendant 6 à 8 heures la température à 1500° C, on ne constatait de même aucune détérioration du platine.

La température est constante à 10 à 20° C. près sur la moitié de la longueur de l'enveloppe. La différence de température entre le paroi du tube de 20 mm. de diamètre et le milieu de ce tube est tout à fait négligeable.

L'auteur énumère toutes les applications, déjà connues d'ailleurs, auxquelles le nouveau four est particulièrement approprié. L. J.

[1] *Écl. Élec.*, t. XXXI, p. 108, 19 avril 1902.

Sur la chimie des combinaisons cuivreuses, par le **Dr G. Bodlauder**, *Zeitschrif. für Elektrochemie*; t. VIII, p. 514, 31 juillet 1902.

L'auteur recherche si les ions cuivreux sont mono ou bivalents, c'est-à-dire s'ils possèdent la formule Cu^2 ou Cu^2... Déterminant le potentiel électrolytique des ions cuivreux, ainsi que le produit de solubilité, il conclut qu'il n'y a pas formation d'ions complexes.

Sur la préparation électrolytique de nouveaux alliages, par le Dr **Alfred Coehn.** *Zeitschrift. f. Electrochemie*, t. VIII, p. 591.

La possibilité de séparer électrolytiquement les métaux qui décomposent l'eau, de leur solution hydratée repose sur ce fait que le dégagement d'hydrogène gazeux sur ces métaux nécessite une surélévation de tension. On réussit de cette manière la séparation de tous les métaux jusqu'au zinc. Pour les métaux ayant une plus haute tension de dissolution, en particulier pour les métaux légers, on n'a pu obtenir des quantités notables de métal séparé de sa solution hydratée, que dans le cas où on lui offre la possibilité de se combiner au mercure. C'est ce qui se passe avec les métaux alcalins et le radical ammonium.

On peut se demander si le mercure est le seul métal qui, employé comme cathode, permet la séparation de ces métaux à tension de dissolution élevée. Si cette propriété est due à l'état liquide, on peut attendre une propriété semblable de l'alliage de Wood qui fond à 65°. Il faut d'abord vérifier si la formation de l'amalgame d'ammonium est possible à cette température. On trouve, fait surprenant, que cet amalgame se forme encore dans une solution bouillante de chlorure d'ammonium. Prenant ensuite l'alliage de Wood comme cathode, on reconnaît qu'il ne se produit aucune trace d'alliage d'ammonium. On est donc en présence d'une qualité particulière du mercure. L'auteur a recherché si cette propriété ne se rencontre pas avec les métaux solides, en employant ceux-ci comme cathodes, ou encore, ce qui n'est pas sensiblement différent, en précipitant en même temps les deux métaux de la solution. On trouve que la séparation électrolytique du fer et particulièrement du nickel s'améliore si on ajoute une solution de sulfate de magnésium à l'électrolyte ; mais on n'a pas encore recherché si le nickel déposé renferme du magnésium.

Pour déterminer cette séparation, il ne faut pas que les deux métaux précipitent l'un à côté de l'autre ; il faut qu'il se forme une combinaison déterminée des deux métaux. Dans l'essai effectué ici, les teneurs en métal léger, Mg, sont données ci-dessous :

$MgSO^4$	$NiSO^4$	Mg en p. 100 de l'alliage
4 n.	2 n.	0,32
»	1 n.	1,31
»	0,5 n.	2,12

On voit que la concentration du sulfate de nickel joue un rôle important ; de même, la température a une influence donnée par le tableau suivant :

$MgSO^4$	$NiSO^4$	Températ.	Mg en p. 100 de l'alliage
3 n.	3 n.	90° C.	0,30
»	»	26° C.	3,44

Dans les conditions les plus favorables, on arrive à une teneur de 10 p. 100 en magnésium. Ces alliages nickel-magnésium se comportent tout autrement que le nickel pur. Celui-ci, séparé à la température ordinaire, s'écaille, ce qui n'est pas le cas de l'alliage.

Si on examine la courbe obtenue, on trouve qu'elle exprime dans le cas du nickel pur, d'abord la partie relative à l'hydrogène, puis ensuite celle du métal. Une addition de sulfate d'aluminium ou de magnésium provoque une variation d'allure. Dans le premier cas, la variation qui n'est pas due à la formation d'un alliage, est toute différente de la seconde ; on reconnaît qu'elle provient de l'augmentation de résistance due à l'existence de l'hydroxyde. Dans le deuxième cas, au contraire, la variation est causée par le nouveau point de décomposition relatif à l'alliage.

L'alliage est donc possible à obtenir toutes les fois que l'essai effectué sur un mélange des sels métalliques aura indiqué une variation semblable dans l'allure de la courbe.

L. Jumau.

Le Gérant : C NAUD.

Tome XXXIII. **Samedi 13 décembre 1902.** **9e Année. — N° 50.**

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

LABORATOIRE D'ANALYSE ÉLECTROLYTIQUE

DE L'INSTITUT D'ÉLECTROCHIMIE DE NANCY

Depuis qu'il est reconnu que l'industrie ne peut plus se contenter d'ingénieurs-omnibus et que chaque genre de travail doit être confié à des spécialistes pour donner les résultats que l'on est en droit d'en attendre, les établissements qui forment les jeunes gens à ces importantes fonctions ont le devoir de chercher à initier leurs élèves à toutes les utilisations nouvelles des méthodes scientifiques. C'est ainsi que les anciens procédés analytiques enseignés dans les écoles de chimie doivent être complétés aujourd'hui par l'emploi des dosages électrolytiques susceptibles de rendre de sérieux services dans bien des cas. Les grands établissements de l'étranger sont, depuis un certain temps, entrés dans cette voie et l'on a souvent décrit leurs laboratoires dans les revues spéciales. Nous avons aussi pu organiser une installation de ce genre dans les locaux récemment affectés à l'électrochimie dans l'Institut de Chimie de la Faculté des Sciences de Nancy ; et il n'est peut-être pas inutile de faire connaître que les travailleurs pourront trouver chez nous autant de ressources pour s'instruire ou pour compléter leurs connaissances que dans les laboratoires situés hors de notre pays. Nous ne saurions assez remercier *L'Éclairage Électrique* de nous ouvrir ses colonnes à cet effet.

Notre service d'analyse électrolytique comprend un laboratoire et une salle de balances voisine servant en même temps de dépôt d'instruments. La première figure jointe à cette notice montre la disposition générale de ces locaux ; le laboratoire est au premier plan, la salle de balances se trouve dans le fond, elle est vue par la porte qui fait communiquer les deux pièces.

La disposition actuelle du laboratoire permet l'emploi simultané de 18 cellules ; en cas de besoin, ce nombre pourrait être augmenté.

Les tables sont doubles (sauf une), avec le dispositif électrique au milieu ; elles peuvent recevoir 4 cellules sur chaque face, chacune de ces séries de 4 cellules ayant à sa disposition un ampèremètre et un voltmètre fixés à demeure sur le panneau central. La figure 1 permet de se rendre compte de cette disposition. Le courant est fourni par une batterie d'accumulateurs placés dans le sous-sol.

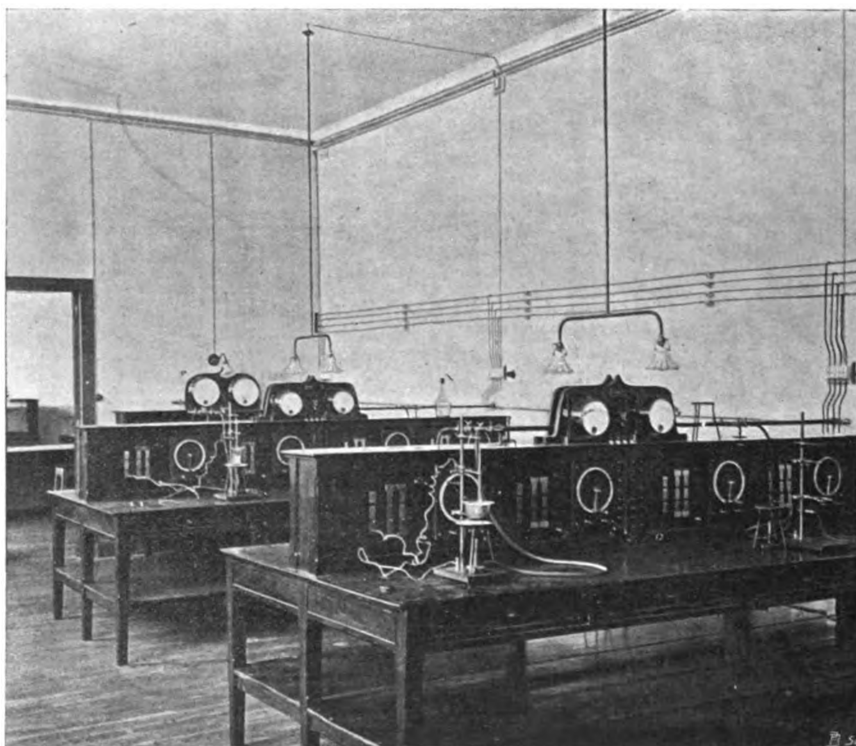


Fig. 1. — Vue du laboratoire.

Le poste correspondant à chaque cellule est en relation avec deux lignes sur lesquelles on peut mettre des voltages différents ; par simple déplacement de son fil positif, la cellule peut être mise en circuit sur l'une ou sur l'autre de ces lignes, chaque poste ne pouvant recevoir qu'une cellule à la fois. Dans l'installation de ces postes, nous avons cherché surtout à mettre l'élève dans l'obligation de bien se rendre compte de ce qu'il fait chaque fois qu'il met en place son appareil ou fait une mesure. Il existe des dispositifs plus savants ou plus automatiques, nous avons préféré quelque chose de simple et d'apparent.

La figure 2 fait voir les postes plus nettement. Ils sont constitués par des plots en laiton ; ceux du haut servent pour la ligne supérieure qui passe dans le coffre central de la table, ceux du bas correspondent avec la deuxième ligne inférieure. Le plot rond, placé dans le bas, à côté de la résistance, sert d'attache négative pour les deux lignes. Les plots longs du milieu sont reliés avec les instruments de mesure qui sont mis en action par le placement de fiches au moment voulu. Une résistance accompagne chaque poste.

Le schéma de cet ensemble est donné par la figure 3 ; il permet de se rendre facilement compte de tout le dispositif.

α, β, γ, δ, sont les quatre fils des deux lignes dont dispose le laboratoire. Considérons, par exemple, la deuxième ligne et son emploi. Le fil de ligne positif γ est relié avec le plot *a*, et le fil de ligne négatif δ avec le plot *b*.

Supposons maintenant une cellule C en travail ; son anode est fixée sur *a*, et sa cathode sur le plot rond *d*. Le courant traverse la cellule en partant de *a*, passe après elle de *d* en *e*, et de *e* en *f* à travers un gros fil de cuivre serré dans deux bornes ; ce fil peut être remplacé par une résistance supplémentaire dans le cas où la résistance *rr'* est insuffisante. De *f* le courant passe dans une résistance *rr'* valant environ 10 ohms ; cette résistance, placée dans la gorge d'une plaque en ardoise, est en fil de ferro-nickel, le boudin métallique est

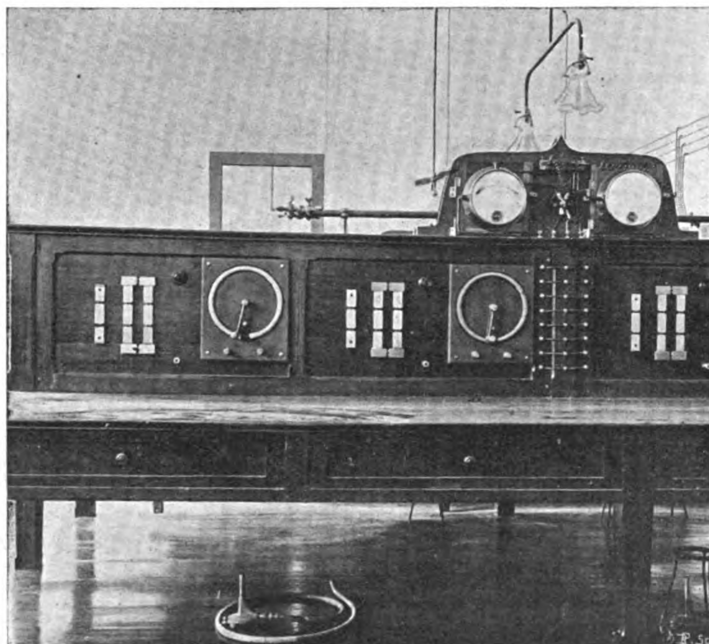


Fig. 2. — Vue d'une table d'essais.

soutenu par une tresse en amiante, pour éviter l'écrasement des spires par la manette *g* qui s'y appuie. Cette manette sert de conducteur depuis le point où elle touche la résistance, jusqu'à son pivot *h*, lequel est relié au plot *c*. Pour fermer le circuit, il suffit de placer une fiche entre *c* et *b*.

Les mesures se font très simplement de la façon suivante :

Pour mettre *l'ampèremètre* sur le circuit, l'opérateur place d'abord une fiche entre A et *b* et une autre entre A' et *c* ; puis il retire celle qui se trouve entre *b* et *c*. La mesure étant faite, on remet les choses en l'état primitif en replaçant d'abord la fiche entre *b* et *c*, puis enlevant les deux autres. Les ampèremètres apériodiques (Chauvin et Arnoux) marquent de 0 à 3 ampères, ils ont 150 divisions sur le cadran dont chacune indique 1/50 d'ampères. Les cadrans ont un diamètre de 15 centimètres ;

Le *voltage* s'obtient, pendant l'analyse, en plaçant une fiche entre V et *a*, et en reliant de même les deux points *i* et *k* ; l'instrument se trouve ainsi en dérivation sur les bornes de la cellule, sa résistance intérieure est suffisamment grande pour que le courant dérivé soit négligeable. Nos voltmètres ont même dimension que les ampèremètres ; ils peuvent indiquer 15 volts, le nombre de divisions du cadran étant de 150.

Les instruments de mesure étant normalement isolés de tout, les propriétaires des 4 cellules voisines peuvent facilement s'entendre pour effectuer, tour à tour et sans se gêner, des mesures aussi nombreuses qu'il est nécessaire.

Est-il besoin d'ajouter que le laboratoire est pourvu de tous les appareils accessoires utiles à son bon fonctionnement, supports, électrodes de platine de formes variées, etc., de manière que les élèves puissent se rendre compte des avantages et des inconvénients de ces divers instruments.

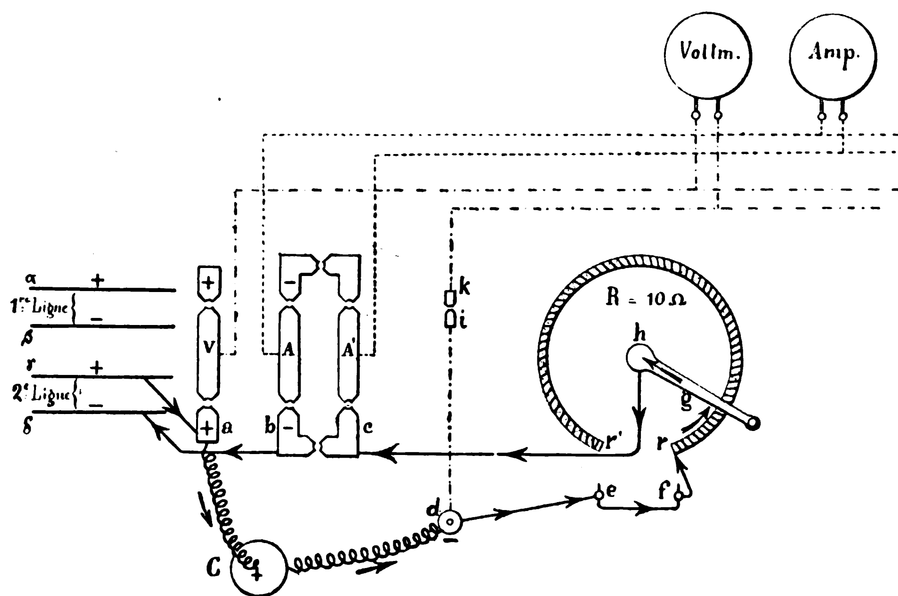


Fig. 3. — Schéma des connexions d'un poste.

Nous croyons avoir fait œuvre utile en installant ce laboratoire d'une manière suffisamment confortable pour qu'il puisse recevoir non seulement des débutants, mais encore des personnes déjà expérimentées, et nous sommes heureux, en terminant ce rapide exposé, de rendre encore une fois un public hommage à la générosité des donateurs qui nous ont permis d'élever l'importante annexe ajoutée à notre Institut de Chimie de Nancy.

G. Arth.

Directeur de l'Institut chimique de Nancy.

APPLICATIONS MÉCANIQUES DE L'ÉLECTRICITÉ (1)

Les applications de l'électricité à la marine se multiplient et se différencient de plus en plus, au point que la plupart des grands paquebots sont aujourd'hui de véritables usines d'électricité ; l'électricité y alimente non seulement l'éclairage mais, en outre, une foule d'engins des plus divers, des moteurs auxiliaires de toutes sortes, actionnés autrefois par de longues et coûteuses canalisations de vapeur ou d'eau sous pression, moins souples, encombrantes et peu confortables.

(1) *L'Éclairage Électrique*, 11 octobre 1902, p. 37.

Comme exemple d'une installation électrique de grand paquebot, nous signalerons celle du transatlantique allemand *Kronprinz Wilhelm* ([1]) qui comprend, outre 1 950 lampes à incandescence, 40 petits électromoteurs pour ventilateurs et 19 pour les grues, machines frigorifiques et auxiliaires divers, 98 appareils de chauffage, dont 10 à 3 ampères, 62 à 5 ampères, 16 à 10 ampères et 10 à 15.

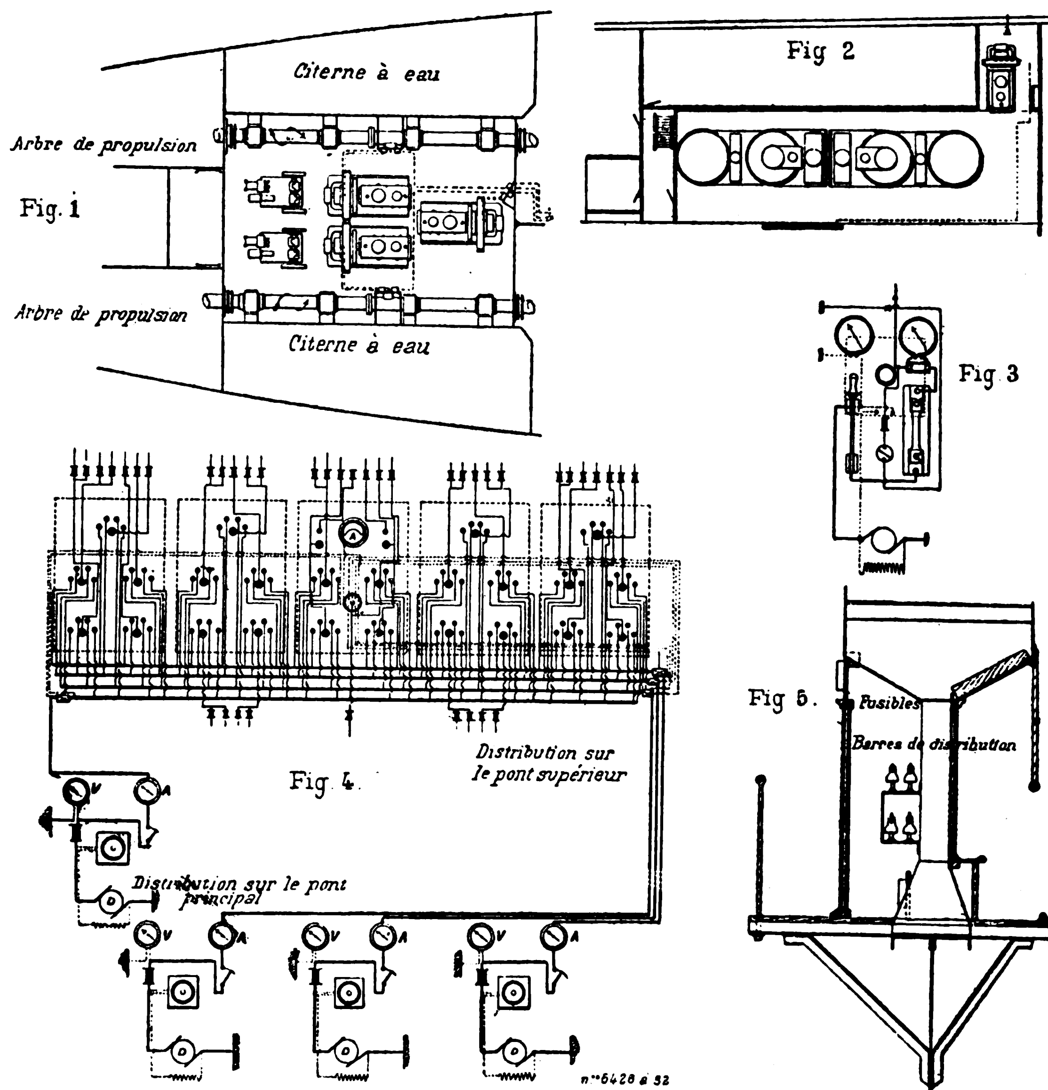


Fig. 1 à 5. — Installation électrique du *Kronprinz Wilhelm*.

Toute cette installation est commandée par 4 dynamos de 83 kilowatts chacune, à 225 tours par minute, actionnées par des machines compound de 120 chevaux électriques chacune, à cylindres de 350 et 500 mm de diamètre, marchant à 225 tours, avec régulateurs directs agissant sur la distribution du petit cylindre. La course du piston est de 320 mm. L'arbre de chaque dynamo est relié à celui de son moteur par un accouplement qui permet d'en enlever l'armature sans toucher à la machine ; les paliers des dynamos sont graissés par

([1]) *Traction and Transmission*, avril 1902, p. 227, note de M. Richardson.

anneaux. Ces dynamos sont à huit pôles avec grands collecteurs à 48 balais de charbon. Trois d'entre elles sont (fig. 1) disposées dans un compartiment derrière la salle des machines, au niveau de l'arbre de l'hélice, avec deux machines frigorifiques Linde ; ce compartiment est séparé de la salle des machines par une porte étanche. La quatrième dynamo est dans un compartiment au-dessus de la ligne de flottaison (fig. 6), de manière que l'éclairage reste assuré même si l'eau pénétrait dans le compartiment des autres dynamos.

Le tableau de distribution, qui commande 40 circuits d'éclairage et de force motrice, a

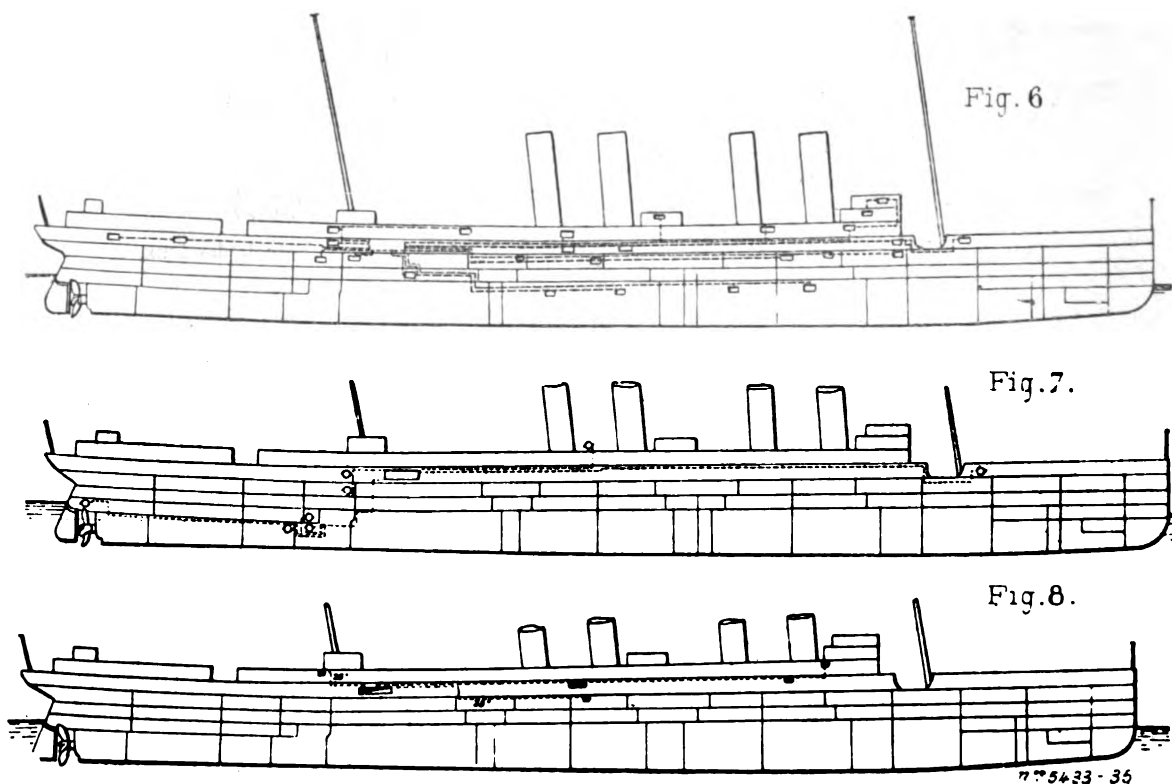


Fig. 6, 7 et 8. — Installation électrique du *Kronprinz Wilhelm*, schéma des circuits.

4 m de long ; sa position est indiquée sur la figure 2, très accessible et bien éclairée ; tous ces circuits sont à fil simple avec retour par la coque.

Aucune de ces dynamos n'est reliée en parallèle avec une autre, car il pourrait se produire, du fait du roulis, entre ces dynamos des différences de vitesses susceptibles de brûler leurs armatures, en provoquant, dans deux dynamos groupées sur un même conducteur, de grandes différences de tension. Chacune des dynamos alimente un circuit unique, et il a fallu, pour cela, relier les lignes principales indépendamment les unes des autres à chacune des dynamos ; cette liaison se fait au moyen du tableau fig. 3, excessivement simple. Ce tableau porte un voltmètre Weston de 150 volts, disposé pour lampes de 100 volts, un ampèremètre Weston de 1 000 ampères, un commutateur de dynamo avec plomb fusible, et la manette des résistances de shunt derrière le tableau, pour plus de sécurité. Les câbles qui relient les dynamos aux tableaux et ces tableaux entre eux sont sous plomb et de 800 mm² de section, fixés par des crampons galvanisés.

Les connexions principales sont indiquées en figure 4, et la figure 5 représente la fixation du tableau sur les parois de son compartiment de manière qu'il soit accessible des deux côtés, en avant et en arrière ; il y a 26 lignes pour l'éclairage, 6 pour le chauffage et 8 pour

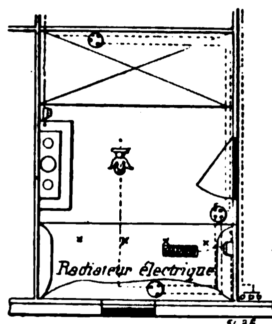


Fig. 9. — Éclairage et chauffage d'une cabine de 1re classe.

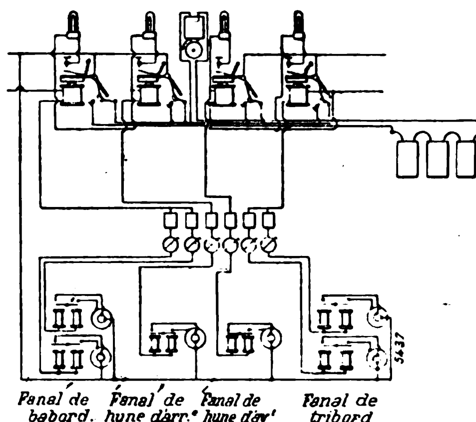


Fig. 10. — Schéma du contrôle des feux.

les moteurs, partant de ce tableau et circulant dans tout le navire suivant les diagrammes (fig. 6) pour l'éclairage, (fig. 7) pour les moteurs et (fig. 8) pour le chauffage. Les lignes d'éclairage alimentent (fig. 6) 54 stations, dont 48 distribuées dans le navire et 6 pour les chambres des chaudières et des machines, comme l'indique le diagramme ; chacune de ces stations comporte un plomb de sûreté.

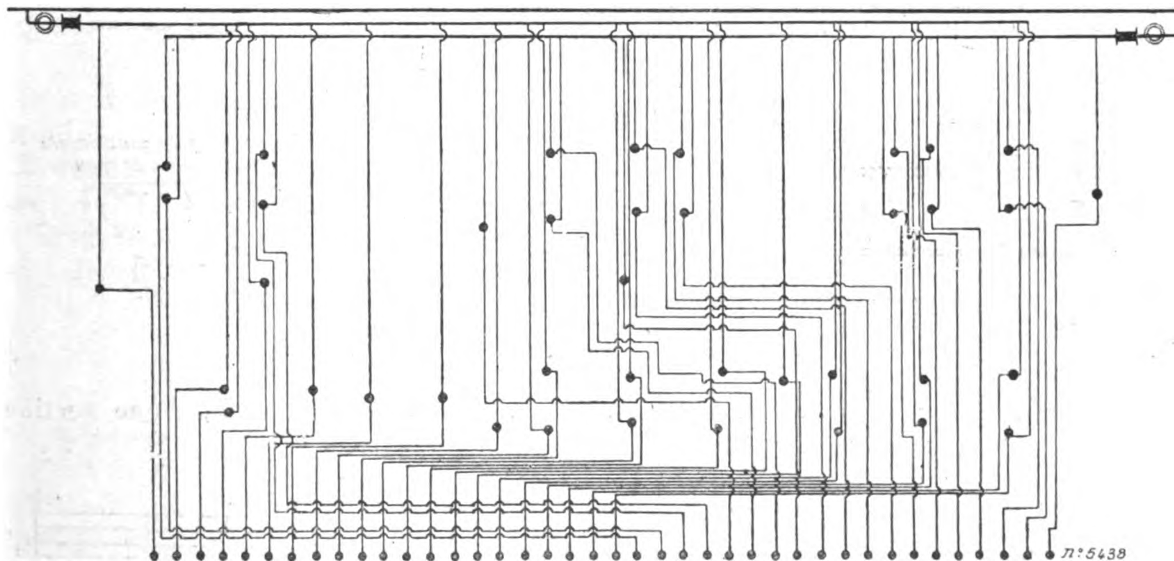


Fig. 11. — Diagramme des signaux des portes des cloisons étanches.

Les cabines de première classe sont (fig. 9) pourvues d'un commutateur pour chaque lampe et d'un commutateur à la porte pour la lampe principale, ainsi que d'une chaufferette électrique.

Les lampes qui servent de feux de droite, de gauche et de mâture, sont reliées, dans

la timonerie, à des lampes sémaphoriques, qui s'éteignent dès que le feu correspondant s'éteint, avec avertissement par une cloche commandée par un électro-aimant en circuit

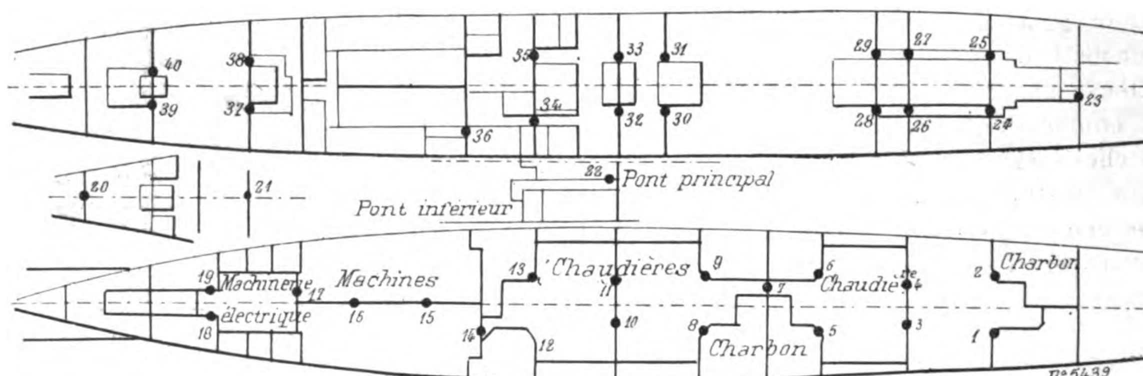


Fig. 12. — Installation électrique du *Kronprinz Wilhelm*, emplacements des portes des cloisons étanches.

(fig. 10) avec la lampe correspondante, et qui en déclenche le mécanisme d'horlogerie aussitôt que le filament de cette lampe vient à se rompre.

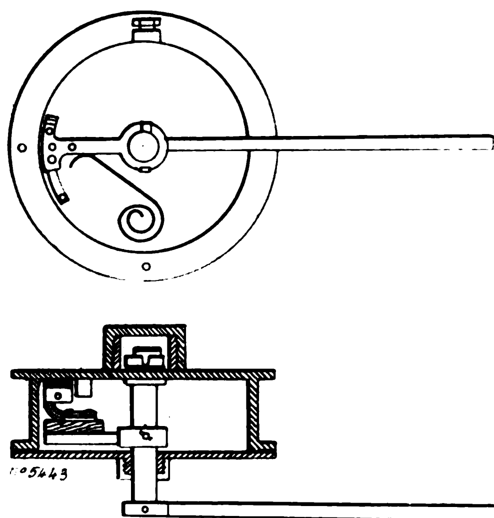


Fig. 13. — Contact étanche contrôlant la fermeture des portes.

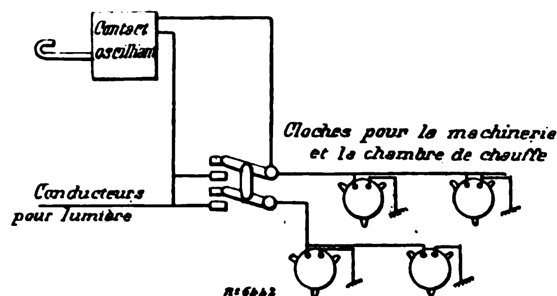


Fig. 14.

Les canalisations comprennent environ 15 000 m de câbles sous plomb, d'une section

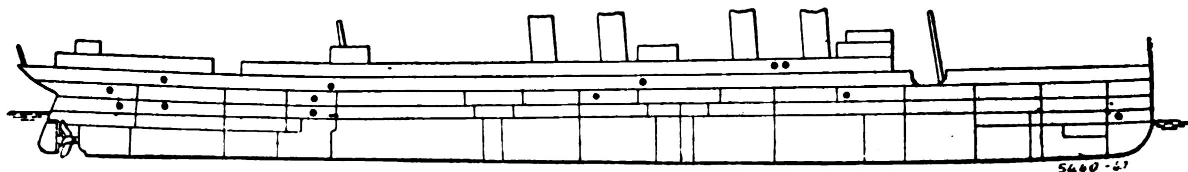


Fig. 15. — Emplacements des postes avertisseurs.

variant de 800 à 1,5 mm², et 45 000 m de fil sous caoutchouc, de 1,5 à 2,5 mm² ; leur installation occupa environ une cinquantaine d'ouvriers pendant six mois.

Parmi les appareils mécaniques commandés électriquement, on peut citer les suivants :

Un dynamoteur de 3 chevaux pour la grue des postes, transportant les sacs de dépêches de la cabine des postes au pont supérieur.

Deux grues de 3 chevaux, roulantes dans la salle des machines, pour l'enlèvement des cylindres et des pistons.

Deux machines frigorifiques à ammoniac, commandées chacune par une dynamo de 3 chevaux.

Un ventilateur de 3 chevaux pour le garde-manger, sous la flottaison.

Deux dynamos de 3 chevaux, pour la ventilation de la salle des trois dynamos et de la machine frigorifique.

Cinq dynamos de 0,5 cheval, pour la ventilation des chaufferies de chaque côté de la salle des machines.

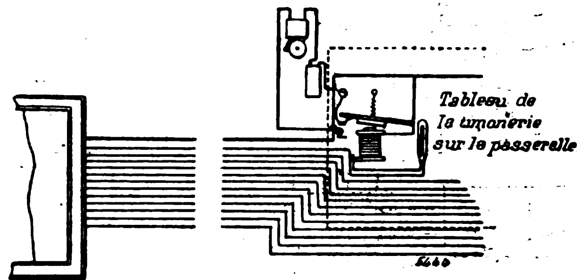


Fig. 16. — Installation électrique du *Kronprinz Wilhelm*.

Un ventilateur de 0,5 cheval, pour la ventilation des water-closets sur le pont supérieur.

Deux ventilateurs de 3 chevaux et leurs dynamos, entièrement étanches et sur le pont, pour la ventilation du fumoir des premières.

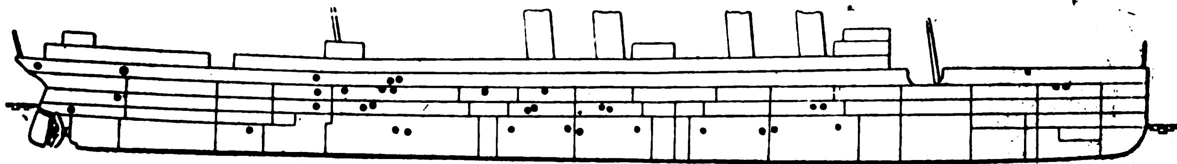


Fig. 17. — Emplacements des sonneries d'appel.

Deux dynamos d'un cheval commandant les laveurs d'assiettes et un nettoyeur de couteaux.

36 ventilateurs à petite vitesse horizontaux de 0,3 cheval, pour les salles des premières, et un grand ventilateur de 12 chevaux pour les troisièmes classes.

Chaufferettes dans les cabines de première classe, la salle à manger, la promenade du pont, celles de 10, 15 et 20 ampères à trois degrés de chauffage.

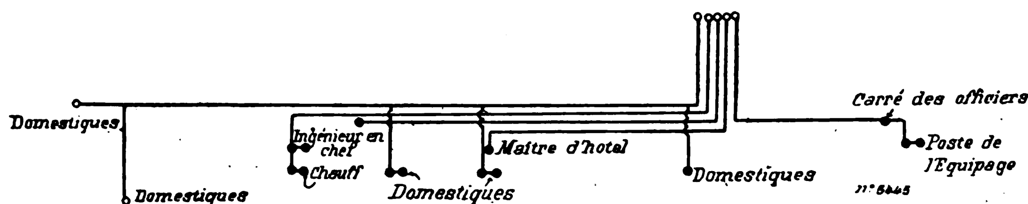


Fig. 18. — Installation électrique du *Kronprinz Wilhelm*, service des sonneries.

L'état de fermeture ou non des portes des cloisons étanches est indiqué par des signaux dont les connexions sont représentées au diagramme (fig. 11), pour les portes dont la position est indiquée en figure 12, au nombre de 40, dont 21 dans la salle des machines et des chaudières à fermeture verticale, et les autres pivotées autour d'axes verticaux. Sur chacune de ces portes, se trouve un contact étanche (fig. 13) qui, dès que la porte se ferme, allume la lampe correspondante du tableau indicateur (fig. 11). On peut, en outre, envoyer,

de ce tableau, l'ordre aux machines de fermer toutes les portes, en fermant, comme en figure 14, le circuit des sonneries correspondantes, et de même pour les sonneries de fermeture des autres portes; tous ces circuits sont alimentés par une dynamo sous 100 volts, et les sonneries sont étanches.

Un autre circuit avertit des incendies, avec commutateurs sous verre allumant au tableau la lampe indicatrice avertisseuse correspondante et faisant partir une sonnerie, ces avertisseurs, au nombre de 13, sont distribués dans le navire comme l'indique le diagramme (fig. 15), et leurs connexions sont indiquées en figure 16. Ils donnent l'alarme simultanément dans la salle des machines et sur le pont, de manière que l'on puisse immédiatement appeler les pompiers et mettre en train les pompes à incendies toujours en pression. L'appel des pompiers se fait par un système de 36 appels, distribués comme en figure 17, sur un circuit d'environ 2 800 m de fils armés et avec sonneries étanches (fig. 18).

On voit que ce navire est pourvu d'une installation électrique de tout premier ordre, pour assurer le confort et la sécurité de sa population d'environ 2 000 âmes.

(*A suivre.*) G. Richard.

LE CONGRÈS DE LA HOUILLE BLANCHE EN SUISSE [1]

Installations hydrauliques et électriques de l'usine de Vouvry

Usine. — L'usine est un bâtiment de 14 m de largeur et 66 m de longueur, comportant un sous-sol, dans lequel sont disposées les canalisations et les vannes et un rez-de-chaussée, servant de salle des machines.

A chacune des extrémités de cette salle se trouvera un tableau de distribution placé sur une estrade; un seul de ces tableaux est actuellement installé. De l'estrade, on commande également les vannages des diverses turbines et la vanne générale à piston, au moyen de pistons hydrauliques avec petites vannes à soupapes, dont les tringles sont actionnées par des volants.

Dans la salle, sont installés actuellement quatre groupes électrogènes, turbine et alternateur monophasé, de 5 000 volts, dont les axes sont disposés perpendiculairement au grand axe du bâtiment. Deux de ces groupes, constitués chacun par une turbine Duvillard et un alternateur Thury, sont disposés du côté de l'arrivée de la conduite d'eau. De ce côté sont également disposés deux petits groupes constitués par une turbine Duvillard de 25 chevaux, actionnant une dynamo à courant continu Thury pour l'excitation des deux alternateurs. De l'autre côté de la salle, sont installés deux groupes constitués chacun par une turbine de la Société de constructions mécaniques de Vevey et un alternateur monophasé Brown-Boveri, avec excitatrice montée en bout d'arbre.

La canalisation d'eau de 210 mm desservant les groupes Duvillard-Thury est disposée parallèlement au grand axe de l'usine; elle commence par une vanne-tiroir avec bypass extérieur, à fermeture conique absolument étanche.

Cette canalisation porte 4 colonnes montantes, desservant les 4 turbines Duvillard; les deux desservant les turbines de 500 chevaux ont un diamètre de 150 mm et sont munies de vannes-tiroirs avec bypass extérieur, les deux autres qui desservent les turbines de 25 chevaux sont munies de vannes-tiroirs simples et ont un diamètre de 50 mm.

(1) Voir les numéros du 29 novembre et du 6 décembre, p. 289 et 337.

La canalisation desservant les turbines de la Société de Vevey traverse l'usine et va aboutir dans une galerie longitudinale, placée à l'opposé, elle porte à cette extrémité une croix en acier dont la tubulure faisant face porte une petite vanne de purge. Des deux tubulures en croix, l'une est en attente et l'autre aboutit à une vanne-tiroir de 210 mm avec bypass intérieur (qui donne moins de satisfaction que le bypass extérieur employé dans l'autre partie de la canalisation) qui commande la conduite longitudinale ayant également 210 mm desservant les deux turbines de la Société de Vevey au moyen de deux tubulures verticales de 150 mm munies de vannes-tiroirs également à bypass intérieur.

La figure 15 est la reproduction d'une photographie prise à la partie inférieure de l'usine, elle représente un jet d'eau obtenu en ouvrant un orifice imperceptible de la canalisation sous pression; comme on le voit, l'eau est immédiatement pulvérisée.

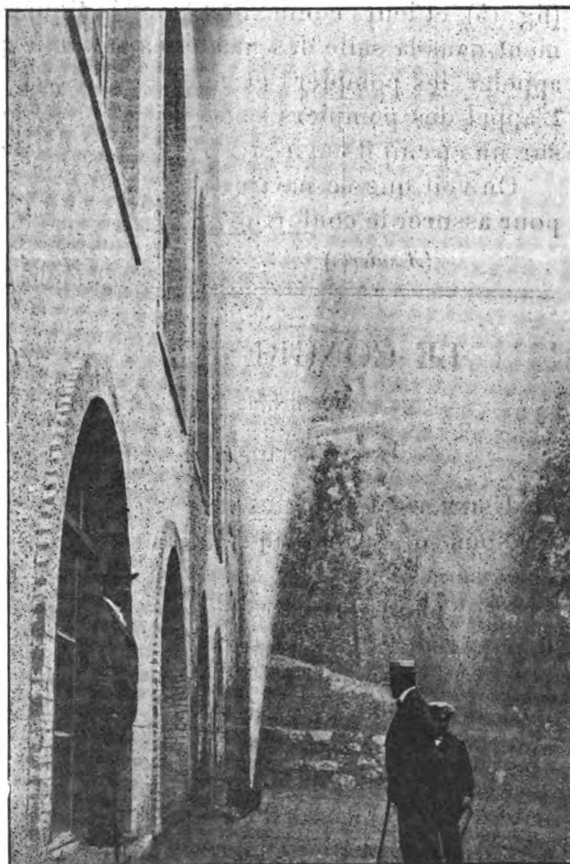


Fig. 15. — Jet d'eau obtenu en ouvrant un orifice imperceptible dans la conduite sous pression de l'usine de Vouvry.

Les colonnes montantes desservant les turbines Duvillard de 500 chevaux, portent une calotte à deux branchements verticaux, sur chacune desquelles est installée une vanne-piston, commandée du tableau. Ces vannes-pistons sont disposées pour qu'à fin de course la fermeture ait lieu en 5 secondes. Chacun des branchements aboutit à un distributeur de la turbine (fig. 16) dont l'un est fixe et l'autre réglable au moyen d'un régulateur du système Michaud; chacun de ces distributeurs peut fournir l'eau pour une puissance de 500 chevaux.

On a muni chacune des turbines de 2 distributeurs, car on pensait, après avoir couplé l'alternateur, le faire fonctionner avec le distributeur fixe.

On pouvait ainsi, en faisant marcher le distributeur fixe pendant la plus grande partie du temps, éviter l'usure du distributeur réglable, plus difficile à remplacer, mais d'après M. Boucher, on n'a pas à craindre d'usure avec des eaux claires comme celles du lac Tanay [1] et on ne se sert actuellement que de la tubulure réglable, n'ayant pas constaté d'usure après une marche de plusieurs centaines d'heures.

La turbine Duvillard est constituée par une roue en fonte, avec aubages latéraux, comme le montre la photographie de la figure 17 d'une roue de turbine en montage à l'usine lors de notre visite.

---

(1) Il se produit, cependant dans certains cas, une usure rapide même avec des eaux très pures. Nous avons vu à Genève des turbines complètement attaquées après avoir fonctionné sur la canalisation de distribution à 130 m de pression de la ville, tandis que d'autres résistaient parfaitement bien. Cela doit dépendre de genre de fonte employée.

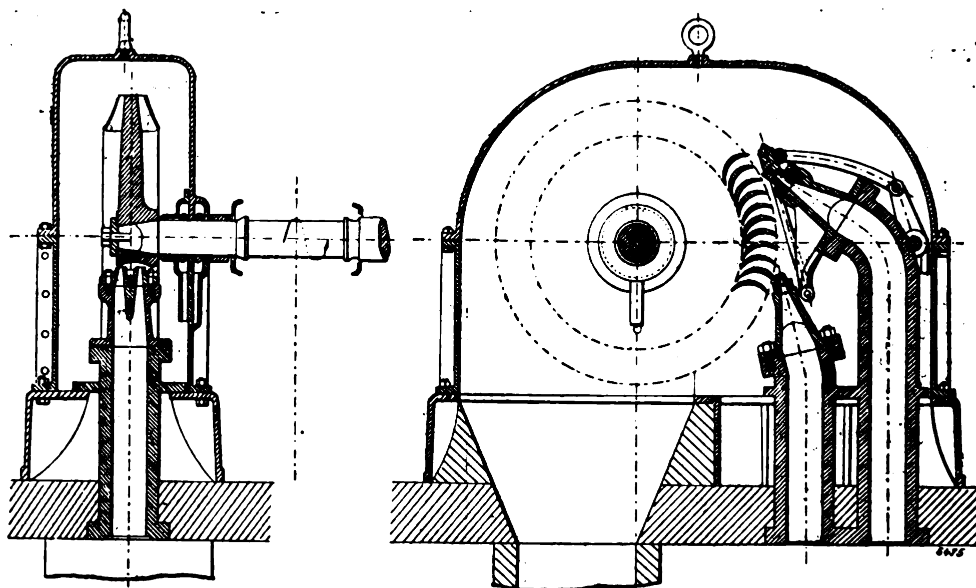


Fig. 16. — Coupes d'une turbine Duvillard de 500 chevaux actionnant un alternateur Thury et à deux distributeurs l'un fixe, l'autre réglable.

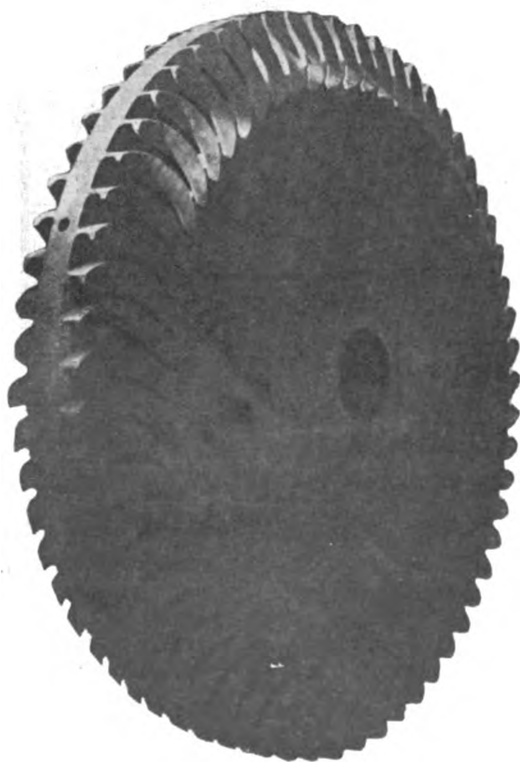


Fig. 17. — Roue en fonte avec aubages latéraux d'une turbine Duvillard.

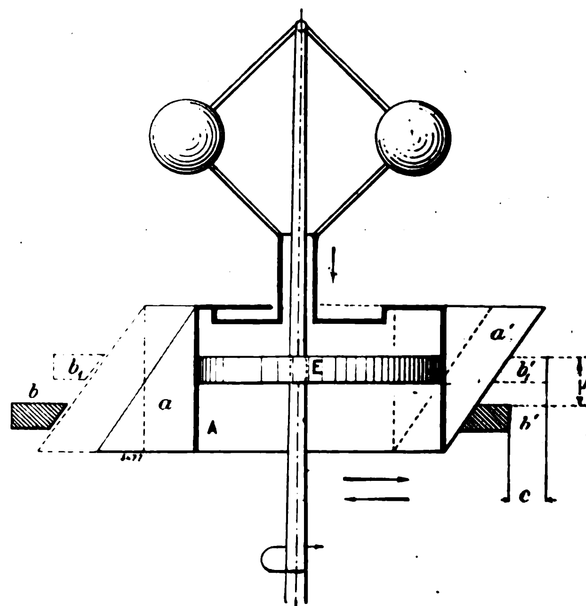


Fig. 18. — Régulateur de M. Michaud.

La roue de la turbine est montée en porte-à-faux en bout de l'arbre de l'alternateur. M. Boucher prône beaucoup ce dispositif qu'il a appliqué à un grand nombre d'installations et qui permet un montage facile puisque l'on n'a plus que les deux paliers de l'alternateur.

La turbine fait 1 000 tours à la minute, et dans le cas où le régulateur viendrait à ne plus agir, la vitesse à vide ne dépasserait pas 2 000 tours, vitesse pour laquelle les diverses pièces de l'alternateur et de la turbine résisteraient encore.

Le régulateur de M. Michaud est tout à fait simple, et d'une grande efficacité, il réalise la condition que l'on a bien souvent cherché à remplir, qui est d'avoir une position fixe du vannage, pour une position fixe du tachymètre.

La théorie de ce régulateur est la suivante. Un arbre vertical (fig. 18) actionné par le moteur dont on veut régulariser la vitesse porte un tachymètre à boules qui commande une douille A, participant à son mouvement de montée et de descente, mais ne tournant pas avec l'arbre. Cette douille porte deux cames opposées *a* et *a'* dont les bords extérieurs parallèles sont inclinés. Un excentrique E calé sur l'arbre à l'intérieur de la douille communique à celle-ci, et par conséquent aux cames, un mouvement alternatif horizontal. La commande de l'appareil de vannage a lieu par l'intermédiaire d'un levier ou d'un cadre horizontal portant deux butées *b* et *b'*, laissant entre elles un espace un peu plus grand que la distance entre les bords extérieurs des deux cames. Quand le levier horizontal se déplace de droite à gauche, il provoque l'ouverture du vannage ; quand il se déplace en sens contraire, il en provoque la fermeture.

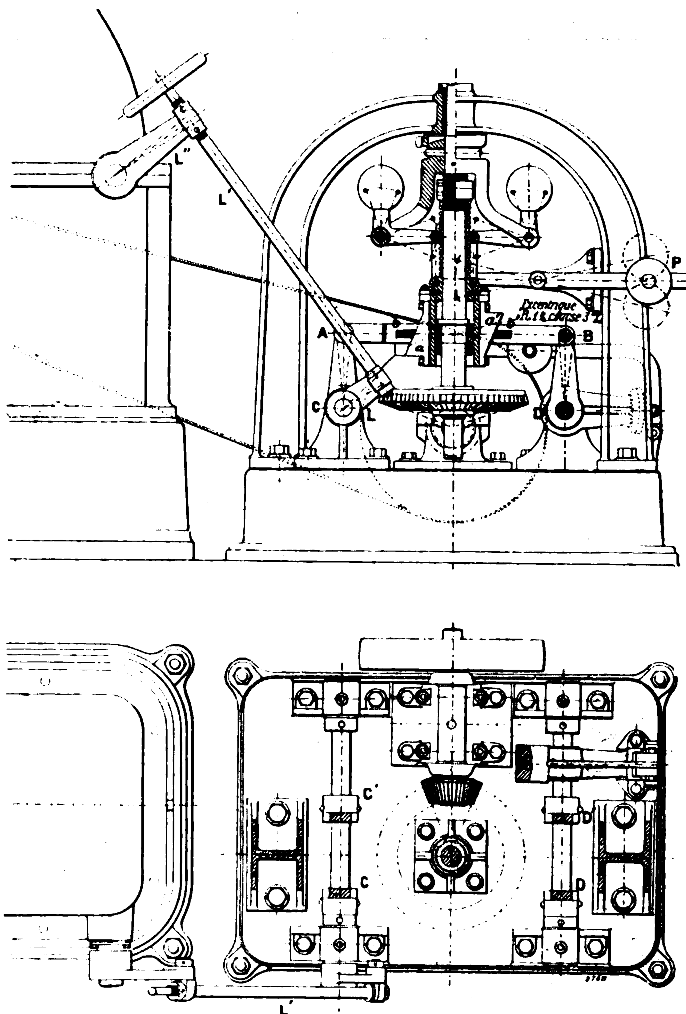


Fig. 19 et 20. — Régulateur de M. Michaud vu de face et en plan.

Quand le moteur tourne à la vitesse normale, les butées occupent les positions *b* et *b* et les cames se déplacent entre la position indiquée en traits pleins et celle indiquée en traits pointillés, et ne touchent pas aux butées. Si la vitesse du moteur vient à ralentir, l'ensemble de la douille et des cames descend, et sur la fin de l'oscillation horizontale, la came *a'* vient rencontrer la butée *b*, et la pousse de gauche à droite, de sorte que le vannage commence à fermer. Si le mouvement de descente continue, le levier est de plus en plus poussé de gauche à droite, jusqu'à ce qu'il y ait équilibre.

A une descente h du tachymètre correspond un déplacement c du levier actionnant le vannage. Le tachymètre peut obéir librement à l'action de la force centrifuge, pendant la plus grande partie du temps et le mouvement du vannage est commandé par l'intermédiaire de l'excentrique, c'est-à-dire que l'on dispose de la force que l'on veut.

La turbine (fig. 19) commande par courroie un arbre horizontal qui actionne au moyen

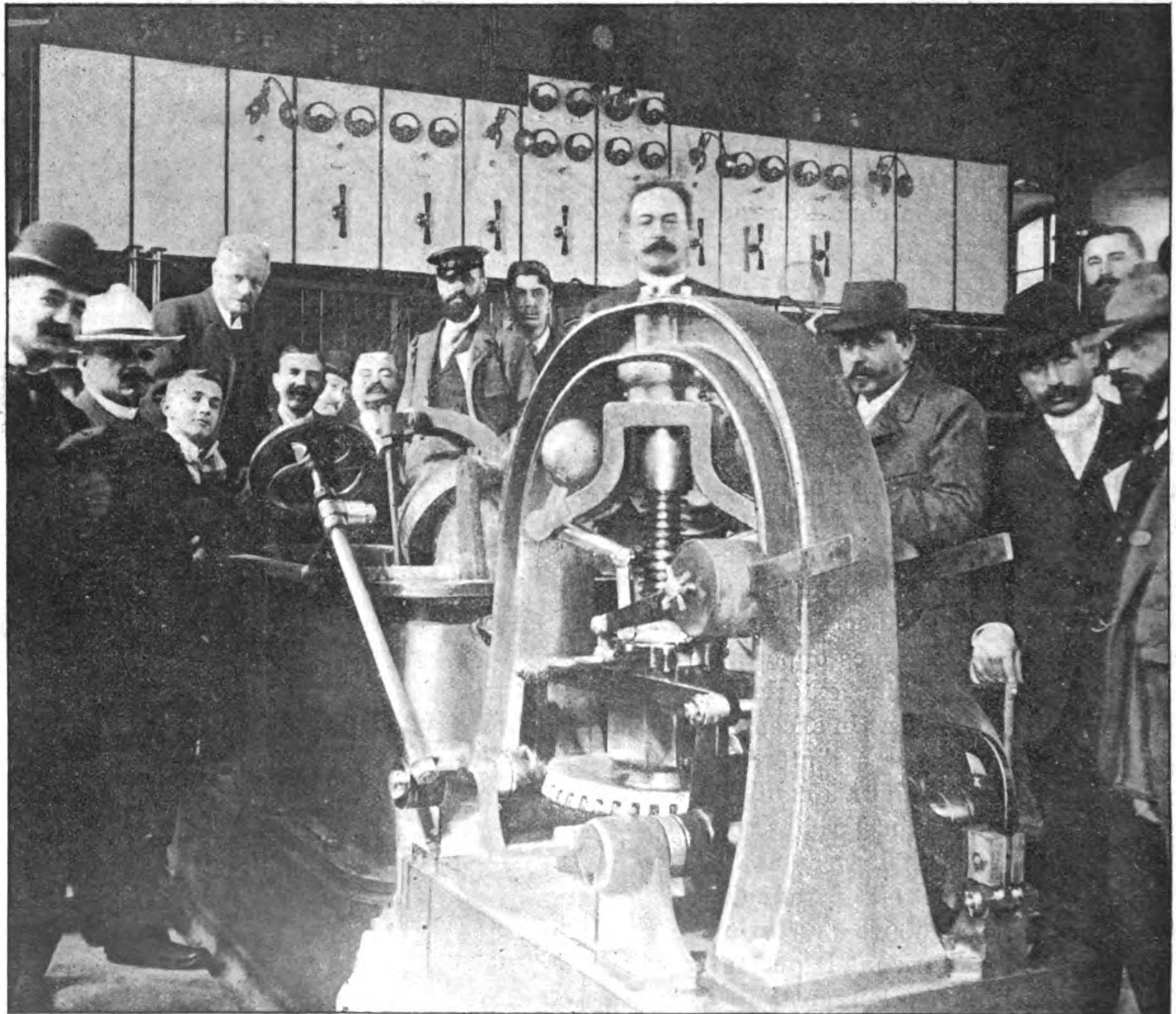


Fig. 21. — Photographie d'un des régulateurs de M. Michaud à l'usine de Vouvry.

d'un pignon conique l'arbre vertical, portant le tachymètre à boules. Son vannage est commandé par le levier L'', actionné par un renvoi L'L et CA. L'arbre C porte deux bielles CA et C'A' portant un arbre AA' sur lequel sont articulées deux barres horizontales, AB et A'B' (formant le levier horizontal) entre lesquelles sont disposées les butées b et b'. Ces barres sont articulées de l'autre côté à un arbre BB', porté par deux leviers DB, D'B', tournant autour de l'arbre DD'. Comme il y a une certaine action du jet sur le vannage, celui-ci a tendance à s'ouvrir pendant que les butées ne sont pas en contact avec les cames; on empêche ce mouvement au moyen d'un contrepoids, agissant sur une des articulations de la transmission.

Les cames sont en acier et leurs surfaces inclinées qui viennent en contact avec les butées sont finement striées. La figure 21 représente l'un des régulateurs Michaud en fonctionnement à l'usine; cette photographie a été prise au moment où M. Boucher en expliquait le fonctionnement aux membres du Congrès. On voit en arrière le tableau de distribution de l'usine.

L'alternateur Thury, actionné par la turbine de 500 chevaux, est à induit mobile de 1 m de diamètre, l'inducteur a 6 pôles, la fréquence à 1 000 tours est donc de 50. Il peut débiter 60 ampères sous 5 750 volts avec charge non inductive [1].

Les turbines de 25 chevaux des excitatrices, sont analogues à celles de 500 chevaux, mais ne portent des ailettes que d'un seul côté du plateau de fonte.

Le distributeur est un trou de 5 mm; la fermeture a lieu au moyen d'un pointeau actionné par un volant mû à la main. Ordinairement le pointeau laisse seulement un jeu d'une fraction de millimètre, de sorte que la moindre impureté de l'eau pourrait arrêter le fonctionnement de la turbine. Pour parer au danger de l'interruption de l'excitateur, on a disposé dans le circuit en dérivation une batterie d'accumulateurs; un disjoncteur automatique couperait les connexions avec la dynamo si sa tension baissait au-dessous d'une certaine valeur et la batterie fournirait le courant d'excitation.

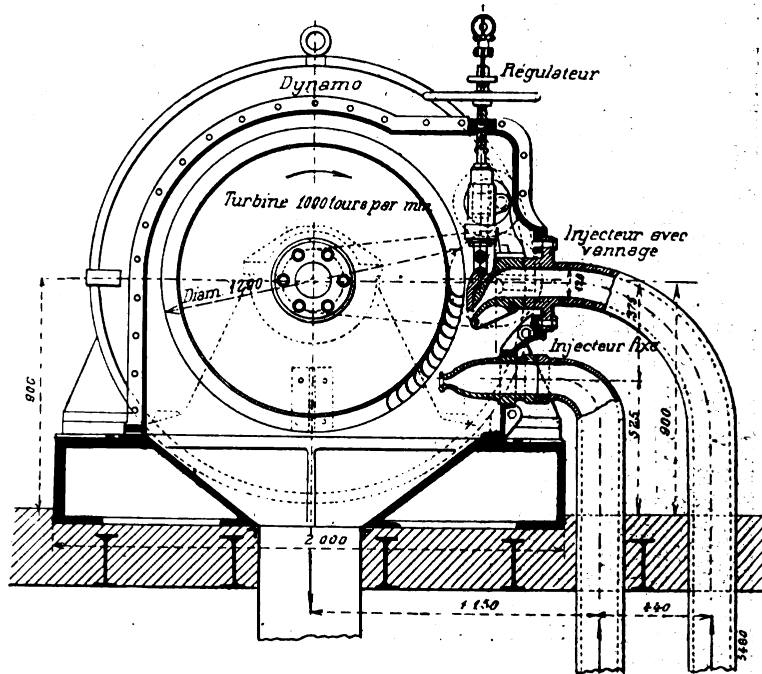


Fig 22. — Coupe d'une turbine Pelton de 500 chevaux actionnant un alternateur Brown-Boveri et à deux distributeurs, l'un fixe, l'autae réglable.

La tubulure desservant chacun des deux groupes de turbines de la Société de Vevey et alternateurs Brown-Boveri, porte après la vanne-tiroir deux branchements verticaux, munis chacun d'une vanne-piston à commande hydraulique et correspondant chacun à un distributeur pour 500 chevaux, l'un fixe, l'autre réglable, pour les raisons déjà indiquées.

[1] Un accident bizarre dû à un coup de foudre est arrivé à un de ces alternateurs. Au moment du coup de foudre cet alternateur fonctionnait sur un réseau spécial; il n'était pas comme à l'ordinaire couplé en parallèle avec les alternateurs de l'usine de la Grande Eau.

Le personnel de l'usine entendit la décharge et vit fonctionner le parafoudre à bascule et au même instant la lumière électrique vascilla, mais reprit de suite son éclat normal; pendant 20 minutes environ l'alternateur pu assurer le service quoique la lumière vacillât de temps en temps. On mit alors une autre machine en marche et on arrêta l'alternateur.

Au démontage on s'aperçut qu'une spire avait été complètement fondue sur 20 cm de longueur environ, le câble avait été transformé en une sorte de tube irrégulier présentant même une solution de continuité.

M. Boucher pense que le courant avait continué à passer dans le cuivre semi-liquide, qui se tronçonnait de temps à autre, et causait les oscillations, mais alors l'arc jaillissait, chauffait et resoudait à nouveau. L'isolation était en micanite, et la masse magnétique absorbant beaucoup de chaleur, a pu empêcher la fusion de cet isolant.

****

La turbine (fig. 22 et 23), montée comme dans les groupes Duvillard-Thury en porte-à-faux à bout d'arbre de l'alternateur, est une roue Pelton en bronze; le régulateur est à servo moteur hydraulique du type connu. La vitesse est de 1 000 tours par minute et l'alternateur à inducteur tournant, donnant du courant monophasé à 6 000 volts, est muni d'une excitatrice montée en bout d'arbre (fig. 23).

La canalisation d'évacuation est constituée par des tuyaux en ciment de 0,40 m de diamètre; à chaque groupe de 500 chevaux correspond un tuyau d'évacuation.

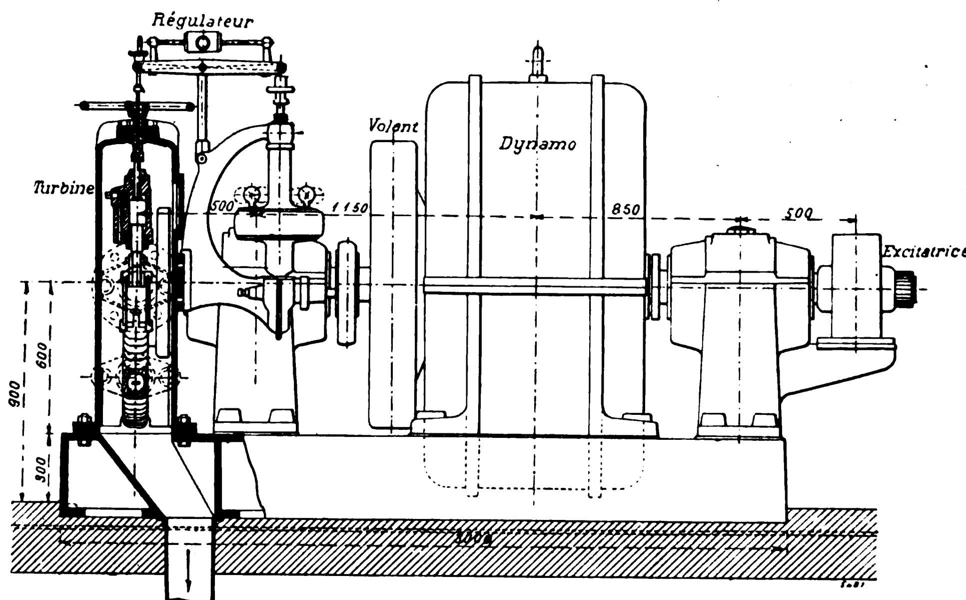


Fig. 23. — Vue d'ensemble d'un groupe électrogène Pelton-Brown-Boveri.

Le départ des canalisations aériennes se fait à l'arrière du tableau de distribution. Sur une traverse en bois maintenue par des poteaux, sont installés des parafoudres à cornes.

Sur le fil de terre de ces derniers est installée une résistance liquide, constituée par une tige de cuivre plongeant dans un vase de verre rempli d'eau; l'installation de ces résistances a permis de rapprocher beaucoup les deux parties inférieures des deux cornes des parafoudres, de manière à diminuer la distance que l'étincelle a à franchir. Depuis leur installation, ces parafoudres ont donné toute satisfaction.

L'installation actuelle, y compris la partie électrique et le tableau de distribution, est revenue à 800 000 fr, ce qui représente 400 fr par cheval, la puissance étant de 2 000 chevaux.

Il y a lieu de remarquer que toute la partie haute de la canalisation entre le lac et le point B est déterminée pour une puissance de 12 000 chevaux, et que la tuyauterie de 0,50 m posée pourra desservir 4 000 chevaux quand la seconde conduite de 341 mm que l'on pose actuellement sera installée; le cheval reviendra alors à 275 fr.

Pour une nouvelle puissance de 4 000 chevaux, on placera une nouvelle conduite de de 0,500 m et deux de 0,341 m, de sorte que le prix du cheval diminuera encore.

Il y a lieu de remarquer que l'idée de la création de cette usine a été émise pour la première fois le 2 janvier 1901 et que, en avril 1902, elle était en fonctionnement.

F. Loppé.

(*A suivre.*)

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION

Dépenses de premier établissement et résultats d'exploitation des installations de Jonage.

La Société lyonnaise des Forces motrices du Rhône vient de publier un magnifique ouvrage (1) dans lequel M. René Chauvin, ingénieur de cette société, donne une description très complète des installations hydrauliques et électriques de l'usine de Cusset et du canal de Jonage. Nous renverrons à cet ouvrage les lecteurs désireux de se documenter sur les travaux hydrauliques. Quant aux installations électriques, nos lecteurs les connaissent déjà par la description très complète qu'en a donné M. Routin (2) dans ce journal dès 1896.

Nous nous bornerons donc à extraire de cet ouvrage quelques données inédites sur les dépenses de premier établissement et les résultats d'exploitation de cette entreprise, données qui présentent d'ailleurs un intérêt d'actualité aujourd'hui que l'utilisation des forces hydrauliques est l'objet de nombreuses études.

I. Dépenses de premier établissement. — Le tableau suivant en donne le résumé.

1° Expropriation des terrains (500 hect.)		3 111 990,77 fr.
2° Canal et usine :		
Terrassements et défenses des rives	5 397 453 fr.	
Ancien ouvrage de garde	1 693 295	
Nouvel ouvrage de garde	1 650 000	
Report		3 111 990,77 fr.
Ecluse de garde	1 110 941	
Déversoir	207 867	
Usine-barrage	4 245 945	
Ecluse double	2 141 270	
Ponts métalliques	1 213 653	
Ouvrages secondaires	721 798	
Vannes de prise d'eau	160 630	
Divers et frais généraux de personnel pendant la construction (novembre 1892 à janvier 1902)	3 586 310	22 129 142 » fr.
3° Matériel hydraulique et électrique :		
Turbines	1 070 470	
Alternateurs	1 034 000	
Réseau (387 km à trois conducteurs)	10 888 230	12 992 700 » fr.
Total général		38 233 832,77 fr.

Si l'on ajoute à cette somme les frais de constitution et les intérêts du capital pendant la construction, soit 6 326 662,95 fr, on obtient 44 560 495,72 fr.

II. Tarifs de vente. — La force motrice est vendue au compteur ou à forfait. Dans le premier cas, le kilowatt-heure est fourni à un prix variable suivant la puissance utilisée : de 23 centimes le kilowatt-heure pour les puissances de 1 cheval et au-dessous, ce prix descend à 20 centimes pour 19 chevaux, 12,5 centimes pour 30 chevaux, 9,5 centimes pour 50 chevaux. Dans le second cas, le prix forfaitaire annuel par cheval fourni pendant 12 heures par jour est aussi décroissant quand la puissance utilisée augmente : 720 fr par cheval pour 1 cheval et fraction de cheval, 510 fr par cheval pour 10 chevaux, 360 fr pour 20 chevaux, 300 fr pour 30 chevaux, 270 fr pour 40 chevaux, 250 fr par cheval pour 50 chevaux et au-dessus.

L'éclairage est tarifé au compteur. Le prix de l'hectowatt-heure est de : 5 centimes pour les administrations et pour les particuliers employant de la force motrice ; 6 centimes pour les cafés et restaurants ; 6,5 centimes pour les magasins et bureaux ; 8 centimes pour les appartements. Les abonnés des trois dernières catégories ont droit à une réduction croissant avec la dépense : 1 p. 100 pour une consomma-

(1) Construction du canal de Jonage. (Travaux, installations hydrauliques et électriques), par René Chauvin. Un vol. gr. in-8°, 190 pages avec 19 figures dans le texte, 7 planches en photogravure et un atlas in-4° contenant 55 planches doubles. *Ch. Béranger*, éditeur. Prix 40 fr.

(2) La distribution d'énergie électrique à Lyon par la Société des Forces motrices du Rhône, par J.-L. Routin. *L'Éclairage Électrique*, t. VII, p. 193 ; t. VIII, p. 241 et 296 ; 2 mai, 8 et 15 août 1896.

(3) Nous dirons seulement à ce sujet que l'usine de Cusset contient actuellement 16 alternateurs Brown-Boveri, les uns d'une puissance de 900 kilowatt, les autres, plus récents, de 1 100 kilowatt, alimentant par feeders un réseau triphasé à 3 500 volts, sur lequel sont branchés des transformateurs de divers types (Labour, Alioth, Société du Creusot) alimentation à 110 volts le réseau de distribution proprement dit.

tion de 100 fr par mois ; 2,5 p. 100 pour 250 fr ; 5 p. 100 pour 500 fr ; 7,5 p. 100 pour 1 000 fr ; enfin, 10 p. 100 pour une consommation mensuelle de 1 500 fr et au delà.

La location des moteurs varie de 3,50 fr par mois pour les moteurs de 1/4 de cheval à 80 fr pour un moteur de 80 chevaux. La location des compteurs pour force motrice varie de 2 fr (pour une puissance inférieure à 1 cheval) à 7,50 fr par mois (pour moteurs de 10 chevaux). Celle des compteurs pour installations de lumière est de 1 fr par mois pour installations de 1 à 6 lampes, 2,50 pour 21 à 50 lampes, 5 fr pour 201 à 350 lampes, 7 fr pour 501 à 700 lampes.

III. Résultats d'exploitation. — Le nombre des abonnés pour force motrice et la puissance correspondante en chevaux étaient :

	Abonnés	Chevaux
Au 15 juin 1899	503	2465
30 avril 1900	1007	6920
30 avril 1901	1457	8405
30 avril 1902	1898	10114

Sur les 1898 abonnés actuels on compte : 129 mécaniciens divers, 117 guimpiers, 125 passementiers, 207 tisseurs, 211 tullistes.

Le nombre des abonnés pour lumière et le nombre de lampes de 10 bougies correspondant étaient :

	Abonnés	Lampes
Au 15 juin 1899	838	36266
30 avril 1900	2245	85816
30 avril 1901	3585	118967
30 avril 1902	4987	149211

La production d'énergie, mesurée au tableau de lumière, et les recettes de la Société pendant les trois dernières années, ont été

	Energie	Recettes
1899	3023088 kw-h	594840,95 fr.
1900	9593220	1531467,75
1901	16234600	2277762,30

Les chiffres du premier trimestre 1902 montrent que cet accroissement régulier de la production et des recettes se continue.

Différents modes d'emploi des survolteurs avec batteries d'accumulateurs, par **Lamar Lyndon**. *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, t. XVIII (suite, voir *Éclairage Électrique* des 29 novembre et 6 décembre).

VI. Survolteur a intensité constante. — Le survolteur compound ou différentiel convient aux réseaux à longue ligne où la perte de charge est considérable. Il maintient alors la tension constante où il est branché, quelle que soit l'intensité extérieure. Quand la ligne est courte et la perte de charge faible, il vaut mieux souvent laisser baisser la force électromotrice en cas d'intensité extérieure trop élevée. Les démarrages de moteurs, causes de cette élévation d'intensité, prendront un courant plus faible si la tension diminue. C'est le cas des installations privées à départs et arrêts fréquents, comme par exemple les ascenseurs. Le survolteur à intensité constante est alors celui qui convient le mieux. La figure 12 indique ce genre de mon-

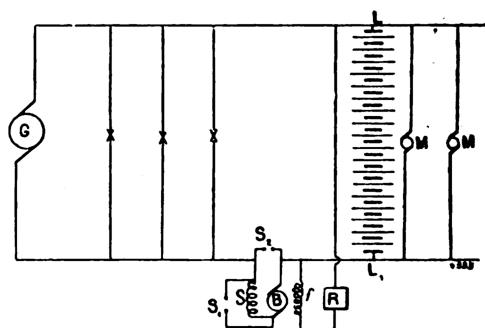


Fig. 12. — Connexions du survolteur à intensité constante :
B, induit du survolteur ; S, excitation série ; *f*, excitation shunt.

tage : G est la génératrice ; B, l'induit du survolteur ; E, la batterie ; S, l'excitation série ; *f*, l'excitation shunt ; S_1, l'interrupteur de mise en court-circuit de l'excitation série ; R, le rhéostat d'excitation shunt.

La charge figurée à gauche est supposée fixe et nécessite une tension constante. Celle de droite, représentée par les moteurs MM est, au contraire, soumise à de grandes variations.

Le courant de ces moteurs passe entièrement dans l'induit et dans les bobines série du survolteur qui n'a jamais à s'inverser. La tension appliquée aux moteurs dépasse celle de la charge fixe d'une quantité égale à la tension du survolteur.

L'excitation shunt produit une force électromotrice de même sens que celle de la génératrice ; l'excitation série est opposée à celle-ci. Lorsque l'intensité dans les moteurs tend à augmenter, la génératrice tend à envoyer un courant plus élevé dans l'induit et dans l'excitation série du survolteur qui diminue de tension. Dans ces

conditions, la génératrice fournit une intensité constante.

Le survolteur ne supporte ici que le courant soumis aux fluctuations et non le courant total comme dans le cas des survolteurs série, compound et différentiel. Le survolteur à intensité constante est ainsi de moindres dimensions.

Appelons E_m la tension maxima de la génératrice ; E_o la tension normale de la ligne à gauche du survolteur, du côté de la génératrice ; E_a la tension normale de la batterie ; E_x la tension de la batterie dans ses diverses conditions de charge ; E_b la tension du survolteur ; V la tension due à la bobine shunt pour la tension normale de la batterie ; t le nombre de tours de l'enroulement série ; I_x l'intensité du courant de la génératrice au réseau de moteurs ; I_o l'intensité du courant extérieur ; R la résistance de la batterie ; r la résistance de l'induit et de l'excitation série du survolteur ; K la tension par ampèretour dans l'excitation du survolteur ; N le nombre d'éléments de la batterie ; h la chute de tension de la génératrice par ampère.

La tension minima de la batterie doit être égale à celle de la génératrice, puisque la batterie doit pouvoir fonctionner, soit seule à certains moments pour assurer l'éclairage, soit directement en parallèle avec la génératrice en mettant le survolteur en court-circuit par l'interrupteur S_2. On doit donc avoir

$$N = \frac{E_0}{1,8}$$

Le nombre d'éléments de réduction est

$$N - \frac{E_0}{2,3} = \frac{E_0}{1,8} - \frac{E_0}{2,3} = 0,121\ E_0$$

La tension maxima de la batterie est 2,5 N ; sa tension moyenne 2 N. La tension due à l'enroulement shunt doit être prise égale à 2,5 N — E_o.

Pour l'intensité extérieure normale et la batterie à son état moyen, la tension du survolteur est

$$E_a - E_0 + rI_x \qquad (25)$$

et la batterie reste au repos ; donc

$$V - KtI_x = E_a - E_0 + rI_x \qquad (26)$$

et

$$t = \frac{V - E_a + E_0 - rI_x}{KI_x} \qquad (27)$$

ce qui détermine le nombre de tours t, la perméabilité étant supposée constante. Cette tension V correspondant à la tension normale E_a de la batterie deviendra pour la force électromotrice E_x

$$\frac{VE_x - VRI_0 + VRI_x}{E_a}$$

L'équation (26) se transforme alors en

$$\frac{VE_x - VRI_0 + VRI_x}{E_a} - KtI_x = E_x + R(I_x - I_0) - (E_0 - hI_x) + rI_x \qquad (28)$$

D'où

$$I_x = \frac{E_0 - E_x + \frac{VE_x}{E_a} + I_0\left(R - \frac{VR}{E_a}\right)}{Kt + R + h + r - \frac{VR}{E_a}} \qquad (29)$$

Cette équation montre que l'intensité de la génératrice I_x varie avec l'intensité extérieure I_0, la régulation étant d'autant meilleure que V est plus élevé.

Si l'enroulement shunt est branché en dérivation sur les barres-omnibus de la génératrice, V reste constant et l'équation (28) devient

$$V - KtI_x = E_x + R(I_x - I_0) - (E_0 - hI_x) + rI_x \qquad (30)$$

d'où

$$I_x = \frac{E_0 - E_x + V + RI_0}{Kt + R + h + r} \qquad (31)$$

Dans ce cas on voit que la régulation est moins bonne que dans le cas où l'enroulement shunt est branché aux bornes de la batterie.

Le courant de la génératrice varie avec E_a ; mais on sait que cette valeur n'éprouve pas de variation subite. Elle ne varie que très peu si la

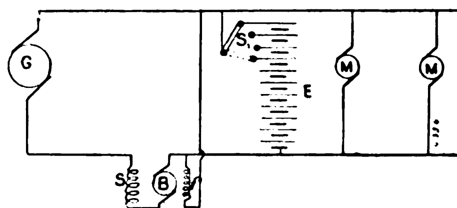


Fig. 13.

batterie est employée pour la régulation. Mais si elle sert à alimenter pendant les heures de faible débit, ou si elle aide la génératrice à supporter la pointe, elle varie de 2,5 N à 1,8 N et on doit agir sur le rhéostat pour le réglage.

Les éléments de réduction peuvent être dis-

posés comme l'indiquent les figures 13 et 14. Dans la première, tous les éléments sont en série quand le réducteur est sur le dernier élément. Lorsque la batterie doit alimenter seule le ré-

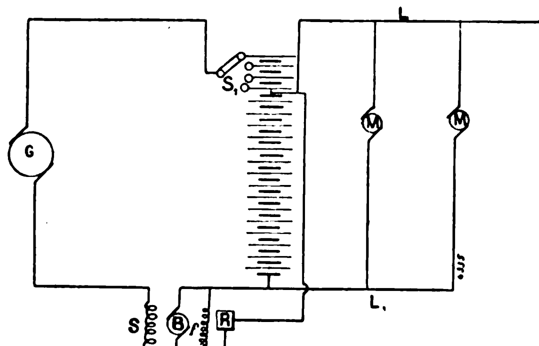


Fig. 14.

seau, le réducteur doit être manœuvré de façon à mettre en série le nombre d'éléments correspondant à la tension normale du côté génératrice. La variation de tension du côté des moteurs est alors de 2,5 N à 1,8 N. La disposition de la figure 14 est préférable ; il n'y a que le corps de batterie branché sur les moteurs ; la batterie est reliée au côté génératrice par le réducteur S_1. Comme il y a moins d'éléments en série sur les moteurs, la tension de ceux-ci est moindre, ainsi que la fluctuation maxima. Dans ce dernier cas, si on veut alimenter l'éclairage et les moteurs par la génératrice seule, il faut avoir soin d'isoler la batterie du réseau pour ne pas mettre en court-circuit les éléments de réduction. On relie alors les deux barres-omnibus par un interrupteur à fiches et l'interrupteur S_2 (fig. 12).

Les connexions d'un tableau dans le cas d'une installation d'éclairage et d'ascenseurs avec génératrice, batterie et survolteur à courant constant sont représentées par la figure 15 dans laquelle on n'a pas tracé les connexions des ampèremètres et voltmètres pour ne pas compliquer. Un voltmètre est relié aux barres du réseau d'éclairage. L'autre, muni du commutateur N, permet de prendre la tension totale de la génératrice et du survolteur.

A est un disjoncteur à maximum ; H un disjoncteur à minimum ; G un dispositif de démarrage des moteurs ; F un interrupteur d'excitation permettant d'inverser l'enroulement shunt du survolteur ; V est l'enroulement shunt du survolteur ; Z son enroulement série et S son induit. T est le moteur qui commande ce survolteur ; E et R sont les rhéostats d'excitation shunt du survolteur et de la génératrice.

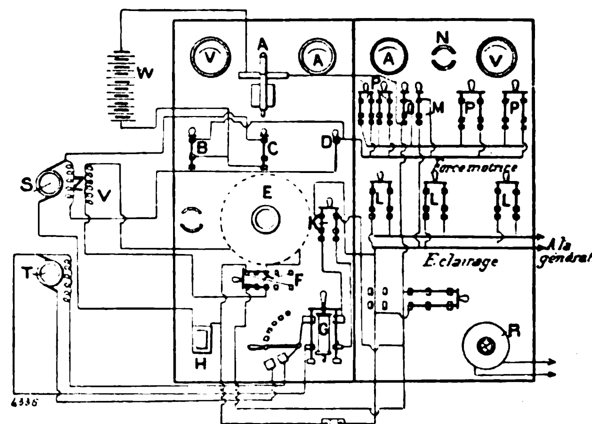


Fig. 15. — Connexions d'un tableau desservant une installation d'éclairage et d'ascenseur, avec génératrice, batterie et survolteur à courant constant.

En fonctionnement normal, les interrupteurs C et M sont ouverts ; les autres restent fermés. C met en court-circuit l'enroulement série du survolteur ; M isole ce survolteur en reliant entre elles les barres des moteurs et de l'éclairage.

Dans le cas de la disposition indiquée en figure 14, le tableau peut être représenté schématiquement par la figure 16.

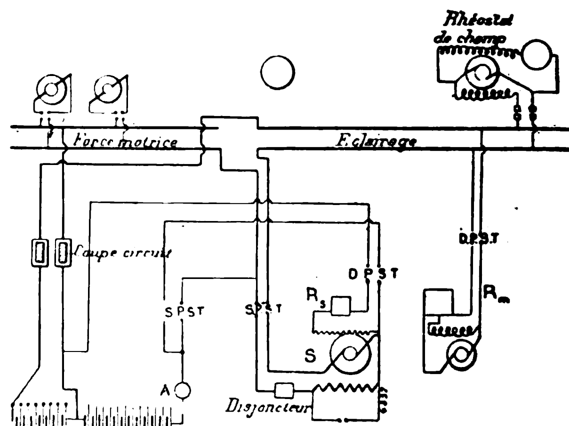


Fig. 16. — Tableau correspondant à la disposition indiquée figure 14.

Le survolteur à courant constant peut être employé avec toutes les génératrices. Le facteur h variera dans les différents cas ; nul dans le cas d'une génératrice à tension constante, il

deviendra négatif si la machine est hypercompoundée.

VII. Survolteur a vitesse variable.— Comme dernier type, l'auteur décrit un survolteur dont la tension varie par suite de variations de vitesse. La figure 17 montre la disposition em-

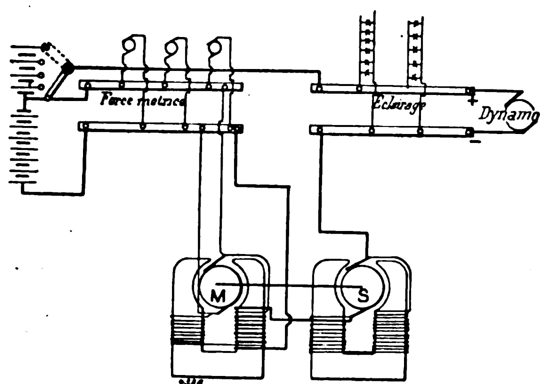


Fig. 17. — Schéma du montage d'un survolteur à vitesse variable.

ployée : M est le moteur de commande du survolteur ; son excitation shunt est reliée aux bornes de la batterie ; le survolteur est également à excitation shunt.

Le courant part de la génératrice, traverse le survolteur qui élève la tension, puis passe dans l'enroulement série du moteur de commande pour aller aux barres des moteurs. La batterie est placée en dérivation sur ces barres. L'excitation série du moteur est dans le même sens que l'excitation shunt.

Dans les conditions normales, la tension totale de la génératrice et du survolteur suffit juste pour envoyer le courant exigé par le réseau et la batterie reste au repos.

Si l'intensité extérieure vient à croître, l'excitation série du moteur M va tendre à augmenter ; par suite la vitesse de ce moteur va tendre à diminuer, et avec elle diminuera la force électromotrice du survolteur. Une des causes de cette diminution est la tendance du moteur à agir comme générateur. Cette cause est très importante, car tandis que le changement de vitesse exige un temps appréciable, l'augmentation du champ du moteur se fait instantanément dès que l'intensité extérieure augmente et le moteur devient pour un instant générateur, aidant ainsi la génératrice principale et produisant un courant proportionnel à l'augmentation d'intensité extérieure.

Une faible variation de vitesse donne une variation notable de la force électromotrice du survolteur, celle-ci variant à peu près proportionnellement au carré de celle-là. En effet, en outre du changement de vitesse, il se produit une variation d'excitation shunt qui agit dans le même sens pour faire varier la force électromotrice. L. J.

DISTRIBUTION

Sur le facteur de puissance dans le cas des courants alternatifs non sinusoïdaux, par **M. Ascoli**. *L'Elettricista*, t. XI, p. 191, 1er août 1902.

Dans les courants sinusoïdaux, le facteur de puissance, c'est-à-dire le rapport entre la puissance en watts et le produit des volts par les ampères, est exprimé par le cosinus du déplacement de phase. D'autre part, indépendamment de l'idée de différence de phase, on sait qu'une déformation quelconque de la courbe du courant relativement à celle du potentiel, donne lieu à un facteur de puissance moindre que l'unité, mais qui n'est pas exprimable par un cosinus.

Considérons une différence de potentiel non sinusoïdale ; on peut exprimer e et i au moyen de deux sommes de sinus.

$$i = \Sigma \mathrm{I} \sin (n\omega t + \varphi),$$
$$e = \Sigma \mathrm{E} \sin (m\omega t + \psi).$$

La puissance est donnée par

$$\mathrm{W} = \frac{1}{\mathrm{T}} \int_0^{\mathrm{T}} ei\, dt = \frac{1}{2} \Sigma \mathrm{I}_k \mathrm{E}_k \cos (\psi_k - \varphi_k),$$

Les valeurs efficaces étant

$$\mathrm{E} = \sqrt{\frac{1}{2} \Sigma \mathrm{E}_m^2}, \qquad \mathrm{I} = \sqrt{\frac{1}{2} \Sigma \mathrm{I}_n^2}.$$

le nombre des volts-ampères est

$$\mathrm{EI} = \frac{1}{2} \sqrt{\Sigma \mathrm{E}_m^2 \, \Sigma \mathrm{I}_n^2}.$$

Le facteur de puissance est

$$\eta = \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{EI}}$$

L'auteur montre que η n'est jamais supérieur à l'unité ; il énonce le théorème suivant :

Pour que le facteur de puissance soit égal à l'unité, deux conditions sont nécessaires : 1° entre les harmoniques de même ordre, il n'existe pas de différence de phase ; 2° le rapport entre les amplitudes des harmoniques du même ordre du courant et de la force électromotrice est constant quel que soit l'ordre.

En d'autres termes, il est nécessaire que les deux courbes d'intensité et de force électromotrice ne diffèrent entre elles que par l'échelle des ordonnées.

L'idée de différence de phase ne subsiste que si l'intensité et la force électromotrice sont représentées par des courbes semblables, c'est-à-dire telles que le rapport des amplitudes des harmoniques de même ordre soit constant, et si toutes les différences de phase $\psi_k - \varphi_k$ ont une valeur commune Φ. Dans ce cas, le rapport entre les watts et les volts-ampères donne encore, comme dans le cas des courants sinusoïdaux, la valeur de cos Φ.

De même, si au lieu d'une différence de potentiel, on a un second courant, de forme semblable au premier, et si les deux courants passent par les deux circuits d'un électrodynamomètre, l'indication de cet instrument est précisément proportionnelle à

$$\Sigma I_k I'_k \cos(\psi_k - \varphi_k),$$

expression qui se réduit à

$$\alpha \cos \Phi \Sigma I_k^2$$

dans le cas de deux courants semblables. Le produit des valeurs efficaces est $\alpha \Sigma I_k^2$ et le rapport donne cos Φ. Donc la méthode des trois électrodynamomètres mesure la différence de phase, non seulement entre deux courants sinusoïdaux, mais aussi entre deux courants semblables ; cette remarque est valable pour tous les cas où l'expression de différence de phase a un sens.

L'auteur examine ensuite le cas des circuits contenant des capacités et des self-inductions. Dans une distribution à potentiel constant le courant qui passe dans un circuit donné varie avec la forme de la courbe des potentiels. Cette variation de forme se vérifie, lorsque les conditions de charge d'un réseau varient ; on observe alors que, tout en maintenant invariable un circuit et le potentiel de ses extrémités, le courant qui le traverse varie sensiblement.

Dans le cas de capacité et de self-induction en série, la compensation n'est possible que si l'aire d'hystérésis est nul, mais cette condition n'est pas suffisante. G. G.

Compensateur pour systèmes polyphasés avec conducteur neutre, système Siemens et Halske. *Elektrotechnische Rundschau*, t. XX, p. 14, 15 octobre 1902.

De nombreuses dispositions ont été employées pour prendre des intensités de courant différentes aux diverses branches d'un même système de conducteurs sans modifier la tension entre ceux-ci ; en principe, elles reposent sur la fermeture d'une source d'électricité sur deux points au même potentiel d'un autre circuit.

Dans le cas de courants polyphasés avec groupes de lampes disposés en étoile, si l'on a recours à un conducteur neutre entre lequel et chacun des trois autres on insère les lampes, il faut un dispositif spécial pour maintenir la tension constante. Le conducteur nul est relié au point neutre de la machine ou du transformateur ; mais si le centre de distribution est éloigné du lieu de production, il est avantageux de ne placer ce conducteur neutre qu'au point d'utilisation avec dispositif permettant de reporter d'un pont sur l'autre une partie des excès de charge pour établir la compensation.

Le système Siemens et Halske consiste dans l'emploi de *ponts d'induction*, c'est-à-dire de bobines d'induction placées entre les conducteurs principaux. Ainsi, dans le cas d'une distribution à trois fils dérivée d'une conduite génératrice monophasée, on réunit les deux conducteurs principaux par une bobine d'induction, au milieu de laquelle on branche le conducteur neutre.

Les deux parties de l'enroulement disposées sur un même noyau magnétique fermé sont juxtaposées ou superposées, elles aimantent le noyau dans le même sens, et chacune d'elles sert de primaire à l'autre formant secondaire.

Le point d'attache du conducteur neutre peut être en un endroit quelconque de l'enroulement, suivant le rapport de tension que l'on veut établir entre les deux points. De même, au lieu de dériver la distribution directement des fils d'arrivée, on emploie également un transformateur sur lequel on opère comme ci-dessus.

S'il s'agit d'un système triphasé, on peut

considérer les potentiels des trois fils comme représentés par les sommets d'un triangle équiangle. Le potentiel du conducteur neutre sera représenté par son centre de gravité. Pour maintenir constante la différence de potentiel entre ce conducteur neutre et l'un des fils, on place un pont d'induction entre deux des fils, un autre entre deux autres, on considère sur eux deux points de potentiel tel que la droite qui les joint passe par le centre de gravité et on les relie par un autre pont, sur lequel on prendra le conducteur neutre. De cette façon, on maintiendra constante la tension entre l'un des fils et le conducteur neutre. On peut naturellement simplifier en prenant un premier pont entre deux fils et reliant le milieu au troisième.

G. G.

DIVERS

Comparaison des méthodes employées pour la détermination du rapport $\frac{\varepsilon}{\mu}$ dans les rayons cathodiques, par **W. Seitz**. *Drudes' Annalen*, t. VIII, p. 233-244, juin 1902.

Les différentes méthodes employées pour déterminer le rapport $\frac{\varepsilon}{\mu}$ de la charge électrique des particules cathodiques à leur masse mécanique ont conduit à des résultats assez divergents. Par la méthode directe, Wiechert [1] trouve 1,01 à $1,55.10^7$; J.-J. Thomson, en comparant la déviation magnétique des rayons et leur énergie cinétique et leur charge, $0,5.10^7$; W. Wien [2], en comparant les déviations par le champ électrique, et Lenard [3] par la même méthode trouvent les nombres 2.10^7 et 0,636 à $0,649.10^7$. Kaufmann [4] et après lui Simon [5] en mesurant la différence de potentiel de décharge au lieu de la déviation électrostatique sont arrivés à 1,77 ou $1,865.10^7$.

M. Seitz a employé successivement les trois méthodes sur le même tube, pour se rendre compte si les divergences entre ces résultats sont dues à une erreur systématique ou à l'inexactitude des hypothèses introduites dans le calcul [1].

Les nombres trouvés sont en accord remarquable avec ceux que donne la mesure directe,

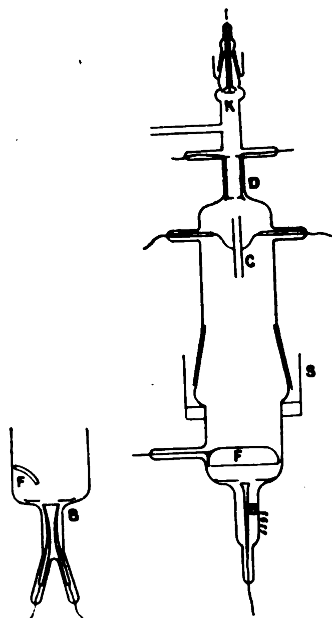


Fig. 1 et 2.

ce qui justifie complètement la méthode de Kaufmann et l'hypothèse qui lui sert de base.

Enfin en mesurant la déviation magnétique M. Seitz a été conduit à une valeur de $\frac{\varepsilon}{\mu}$, $1,87.10^7$, qui est pour ainsi dire identique à celle qui a été déterminée par Simon, soit $1,865\ 10^7$.

M. L.

Nouvelle théorie de la machine de Wimshurst, par **F.-V. Develshauvers-Dery**. Communication faite au 74e Congrès des Naturalistes et Médecins allemands ; voir les *Verh d. Deutsch Phys. Ges.*, p. 276-278, 1902.

L'auteur expose la théorie suivante, imaginée par le professeur De Heen :

Si, par un mouvement rapide, l'on vient à

(1) *Éclairage Électrique*, t. XXIII, p. 258, mai 1900.
(2) *Ibid.*, XVI, p. 557, sept. 1898.
(3) *Ibid.*, XV, p. 124, avril 1898.
(4) *Ibid.*, XVI, p. 86, juillet 1898.
(5) *Ibid.*, XXI, p. 398, déc. 1899.

(1) Le faisceau issu de la cathode K en aluminium traverse d'abord un tube de cuivre D relié au sol et portant deux diaphragmes (dimensions des fentes $0,1 \times 0,9$ cm) ; puis le condensateur C (armatures de 4,03 cm² écartées de 0,4 cm) et enfin tombe partie sur un écran fluorescent en verre d'urane F, partie sur le bolomètre B (fig. 1 et 2).

Les joints du tube sont faits par des rodages recouverts de mercure, sans graisse ni mastic : la pression

approcher un corps isolé A B d'un corps chargé C, A B prend une charge de même signe que C (voir fig. 1).

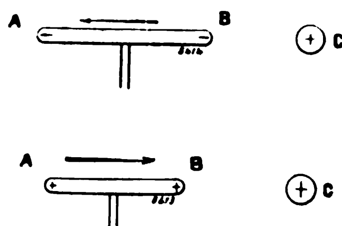


Fig. 1 et 2.

Les deux charges étant du même signe, ce phénomène ne saurait s'interpréter comme phénomène d'influence [1].

En intervertissant le sens du mouvement, c'est-à-dire en éloignant le corps, on voit cette *charge de mouvement* changer de signe (fig. 2).

Or, en partant de cet essai fondamental, on donne une nouvelle théorie de la machine de Wimshurst.

Désignons par des tracés en pointillé le second disque de la machine, invisible celui-là (voir fig. 3).

Supposons qu'il y ait en C une trace de charge positive. Les éléments du secteur *b* OC, se rapprochant de C, prendront une charge de mouvement positive, dont l'approche augmentera la charge de C.

Bien que dans le secteur CO*d* l'inverse ait lieu, la décharge résultant de ce chef sera numériquement inférieure, en raison de la plus petite surface.

Les éléments du secteur *d* OE, s'éloignant de C, se chargeront négativement : de là, la polarité négative de E, laquelle va en s'accroissant.

Une trace de charge électrique en C ou en E déterminant ainsi les pôles de la machine, il suffira donc, pour réaliser une polarité donnée, de charger C ou E de l'électricité voulue.

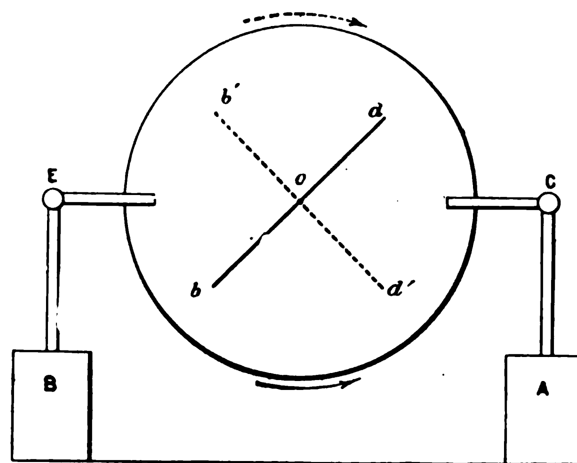


Fig. 3.

Dans ce qui a été dit, on a fait abstraction du second disque. Or, sans le concours de ce dernier, l'appareil fonctionnera, il est vrai; mais d'une manière si faible qu'il faut faire usage d'un électroscope, pour déceler les charges. Pour obtenir des effets plus considérables, il faut employer les deux disques : le disque invisible fonctionnant d'une manière tout à fait analogue; le secteur *b'* OC, chargé positivement, accroîtra la charge positive de C, alors que la charge négative du secteur *d'* OE augmentera la charge négative de E.

Mais le point le plus important, c'est l'action réciproque des deux disques : dans l'angle *d*O*d'*, par exemple, des éléments chargés positivement se rapprochent et se chargent de plus en plus par leurs rotations opposées. C'est pour augmenter cet effet qu'il convient de réduire autant que possible la distance des deux disques.

A. Gradenwitz.

---

reste constante pendant deux ou trois minutes lorsque le courant passe. L'écran de cuivre S relié au sol est destiné à empêcher les rayons cathodiques de tomber sur les fils qui conduisent au bolomètre. Ce dernier sert en effet à déterminer la charge Q transportée par les rayons en même temps que leur énergie E. Pour mesurer la charge, on le met au moyen d'un commutateur, en communication avec le sol par l'intermédiaire du galvanomètre. La différence de potentiel calculée par le quotient $\frac{Q}{E}$ ne diffère que de 1,2 p. 100 de la différence mesurée directement avec le volmètre.

Cette différence de potentiel peut se déduire aussi de la déviation électrostatique.

[1] Je ferai remarquer l'analogie que présentent ces phénomènes avec ceux d'induction électrodynamique; en effet, les charges induites tendent à s'opposer au mouvement qui leur a donné naissance. — Note du Tr.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET TECHNIQUES

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Séance du 3 décembre 1902.

Le professeur **Riccardo Arno** présente une ***nouvelle disposition de compteur pour courants triphasés.*** On sait que les compteurs employés dans ce cas sont souvent montés suivant le schéma de la méthode des deux wattmètres.

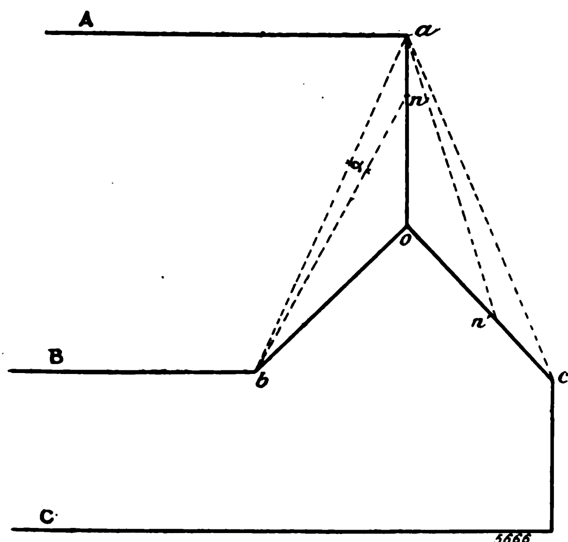


Fig. 1.

Les compteurs moteurs électrodynamiques, du genre E. Thomson, par exemple, sont doubles, les deux bobines mobiles étant montées sur un axe commun. Les circuits *ampères* des deux compteurs sont intercalés sur les branches B et C, tandis que les circuits *volts* sont branchés l'un entre *a* et *b* (fig. 1), l'autre entre *a* et *c*. Dans un réseau où les charges sont égales et la self-induction nulle, on a, dans le premier wattmètre, le courant I de B, qui est représenté en direction par *ob*, et le courant *i*, de la bobine mobile, qui est dirigé suivant *ab* ; *i* a donc un retard de phase de 30° sur I. Dans le second wattmètre, le courant I', de la ligne C, est, au contraire, en retard de 30° sur *i'*, la direction de ce dernier étant *ac*. Dans ces conditions, la somme algébrique des lectures des deux wattmètres est proportionnelle à l'énergie mesurée.

Dans les compteurs, la self-induction des bobines mobiles introduit un retard α dans les courants *i* et *i'*, de sorte que le retard de *i* sur I et de *i'* sur I' cause une erreur dans les mesures. Le professeur Arno évite cette erreur en donnant une *avance* à *i* et à *i'* et cela d'une manière très simple : les courants *i* et *i'* sont dus à la résultante des différences de potentiel *oa* et *ob* d'une part, *oa* et *oc* d'autre part ; si on agit sur une des composantes, on change à la fois la *direction* et la *grandeur* de la résultante, donc, on peut donner à *oa* une direction *on* et à *oc* une direction *on'* telles que les courants *i* et *i'* sont *avancés* d'un angle égal au retard causé par la self-induction.

Pour les wattmètres et les compteurs électrodynamiques, la solution consiste à brancher sur le réseau trois résistances montées en étoile, qui peuvent être représentées sur la figure 1 par *oa*, *ob* et *oc*, et à déplacer les points d'attache des bobines mobiles de *a* en *n* et de *c* en *n'*. M. Arno indique le moyen de vérification suivant : sur circuit non inductif et avec des charges égales sur les trois conducteurs, le diagramme montre que, abstraction faite de la self-induction des bobines mobiles, *i* est à 90° de I' et *i'* à 90° de I ; donc, si on change les connexions des bobines mobiles seules, le compteur doit marquer 0 quand le réglage des points *n* et *n'* est bien fait.

Le même raisonnement peut être appliqué aux compteurs d'induction avec cette différence que les courantt *i* et *i'* sont retardés de (90° — β) sur les différences de potentiel *ba* et *ac*. β est dû à ce que la constante de temps des bobines intercalées dans les circuits *volts* n'est pas infinie. Pour arriver au réglage parfait, il faut annuler β, ce à quoi arrive M. Arno en remplaçant les trois résistances ci-dessus par trois bobines de réaction, l'une d'elles étant simplement la bobine mobile du compteur lui-même. Les décalages β qu'il faut donner à *i* et *i'* sont obtenus simplement en faisant varier l'inductance d'une des bobines de réaction.

Le schéma complet du compteur est donné par la figure 2. Il y a deux systèmes de bobines de réaction, un pour chaque wattmètre. De plus, afin de faciliter le démarrage aux faibles charges, le courant de chaque bobine mobile passe dans une bobine fixe, de quelques tours seulement, placée dans le wattmètre opposé.

M. **Picou**, frappé des difficultés pratiques que présente, dans les perméamètres, la réalisation de joints magnétiques parfaits, a cherché une méthode capable d'éliminer complètement l'ac-

tion de ces joints. On sait, en effet, que si l'on peut, à la rigueur, faire des joints suffisants dans les barreaux pleins, il est à peu près impossible d'y arriver avec les tôles ; or il est nécessaire de faire des mesures aussi bien sur celles-ci que sur les fers pleins et il faut que la préparation des échantillons ne soit pas un obstacle à la diffusion de ces mesures trop négligées jusqu'à présent.

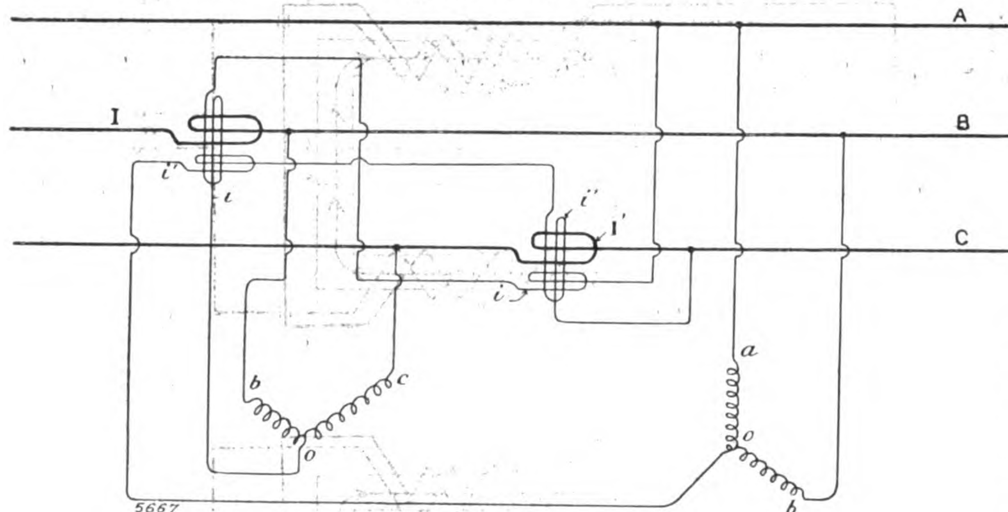


Fig. 2.

Dans le perméamètre de M. Picou, le barreau à essayer est placé entre deux blocs de fer égaux A et B (fig. 3). Des enroulements disposés sur ces blocs reçoivent le courant i; ils sont d'abord réunis de telle sorte que les blocs A et B soient magnétiquement en série. Le barreau d'essai n'est parcouru par aucun flux longitudinal. Le circuit magnétique comprend les blocs A et B, les joints 1, 2, 3, 4 et deux fois la largeur du barreau.

Si, ensuite, nous renversons le sens du courant dans la bobine B et si nous envoyons un courant I, de sens convenable, dans la bobine C, qui entoure le barreau essayé, il est possible de régler le courant I de telle sorte que le flux, dans les blocs A et B, reprenne la valeur qu'il avait dans le premier montage. Dans ces conditions, les enroulements A et B fournissent, comme précédemment, la force magnétomotrice nécessaire pour vaincre la réluctance des blocs et des joints correspondants ; par suite, la force magnétomotrice, produite par la bobine C, correspond uniquement à la réluctance du barreau : le champ magnétisant a donc bien pour valeur :

$$\mathcal{H} = \frac{4\pi NI}{L},$$

N étant le nombre de tours de la bobine C et L la longueur *effective* du barreau.

La mesure comprend une série d'opérations dont l'énoncé est plus long que la réalisation. Il faut : 1° envoyer le courant auxiliaire i dans les bobines A et B ; 2° mesurer le flux Φ dans ces bobines ; 3° renverser le sens du courant en B et envoyer le courant I dans la bobine C ; 4° régler le courant I jusqu'à ce que le flux Φ ait repris sa valeur initiale ; 5° mesurer le flux $\mathcal{B}S$ dans le barreau essayé, dont la section est S.

La mesure de Φ en 2° et 4° se fait au galvanomètre, et, comme l'observation des élongations produites par le renversement du courant serait trop longue, on a employé une méthode de zéro : les deux blocs A et B portent chacun un enroulement induit, et les connexions sont toujours faites de façon que les quantités d'électricité induites s'ajoutent, mais un petit transformateur auxiliaire T reçoit aussi le courant i et son circuit secondaire s est en *opposition* avec les circuits induits de A et B, ce qui fait qu'en réglant l'induction mutuelle de ce transformateur, on peut obtenir une quantité d'électricité induite égale et opposée à celle de A et B. Il suffit alors, dans l'opération, de régler le courant I jusqu'à ce que le galvanomètre reste à zéro, quand on renverse en même temps le sens de i et I.

Afin d'éviter l'indécision dans le réglage, les renversements de courant se font à l'aide d'un commutateur tournant, lequel renverse aussi les connexions des circuits induits avec le galvanomètre balistique ; grâce à ce moyen, les élongations, qui se produisent avant le réglage parfait, ne changent de sens que quand le déréglage change lui-même de sens. Ce commutateur est manœuvré à l'aide de la manivelle du petit volant que l'on voit en avant et à droite de la figure 4. Le bouton qui est à gauche commande l'ouverture de l'entrefer du transformateur T, de façon à faire varier son coefficient

d'induction mutuelle. Deux manettes, visibles également sur la figure, servent, l'une au changement des connexions — en 3° — et l'autre à placer le galvanomètre balistique sur la bobine d'exploration C, afin de faire la mesure de B. — opération 5° —; c'est, en effet, le même galvanomètre qui sert d'abord comme indicateur de zéro et ensuite comme balistique.

La bobine B est mobile, elle glisse sur une coulisse, ce qui lui permet de s'écarter de A d'une façon suffisante pour faciliter la mise en place des échantillons; une fois ceux-ci placés, la bobine B est rapprochée et ensuite serrée contre les échantillons à l'aide des écrous portés par deux tiges qui forment verrou.

L'appareil de la figure 4 constitue un tout indépendant; les accessoires, rhéostats pour le réglage de i et I, ampèremètre pour la mesure de I et galvanomètre balistique, peuvent être quelconques. Enfin il suffit d'une batterie de 5 ou 6 accumulateurs pour fournir le courant nécessaire jusqu'à $\mathcal{H} = 100$ gauss. Les courants sont assez faibles pour que i et I soient pris sur la même source.

Pour les laboratoires qui ne disposent pas de rhéostats et galvanomètres nécessaires, le constructeur, M. Carpentier, a disposé, d'une part, sur une planchette, un ensemble composé de deux rhéostats et d'un ampèremètre gradué en milliampères et en gauss; d'autre part, un galvanomètre balistique à aiguille gradué directement jusqu'à 20 000 gauss.

Les expériences faites avec cet appareil sont les suivantes : un faisceau de tôles, coupées à la dimension et très grossièrement dressées, a été placé dans l'appareil et la courbe complète, $\mathfrak{B} = f(\mathcal{H})$, relevée. Puis le faisceau a été sorti et les lames mélangées. Une nouvelle mesure, faite après avoir replacé le faisceau dans l'appareil, donne des points qui tombent sur la première courbe. Dans d'autres expériences, les mesures ont été faites sur des barreaux pleins, *avec ou sans interposition* de feuilles de papier dans les joints; dans ces conditions encore les points des deux essais tombent sur la même courbe.

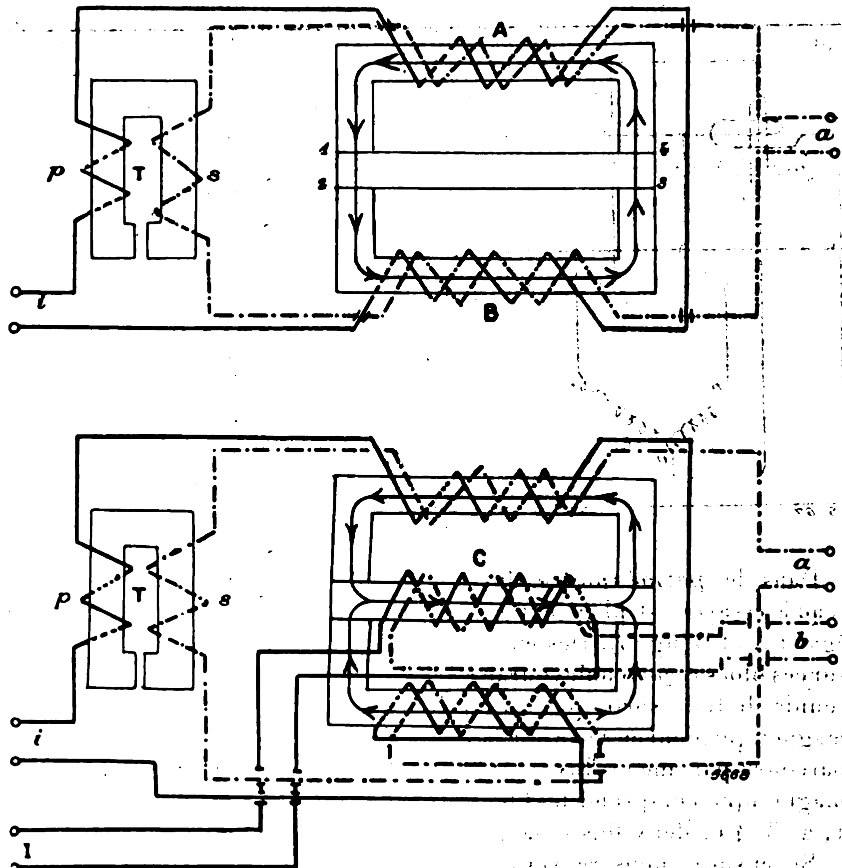


Fig. 3.

M. Charpy fait un très intéressant exposé des idées actuelles sur la ***constitution des aciers et ses relations avec leurs propriétés électriques et magnétiques***.

Après la période des recherches empiriques est venue l'étude méthodique des métaux, dont l'ensemble forme ce qu'on appelle la métallographie.

On sait que les fers et aciers de l'industrie sont des corps hétérogènes dont l'état se définit à la fois par les éléments qui entrent dans leur composition et par le *groupement* de ceux-ci. En effet, à des compositions chimiques identiques,

correspondent des corps bien différents, telles, par exemple, la fonte blanche, où le carbone est à l'état de carbure, et la fonte grise où il est à l'état de graphite.

Les aciers proprement dits sont formés de cristaux ou *grains* de fer pur — ferrite — plus ou moins gros selon l'état du métal, enveloppés dans une sorte de ciment appelé *perlite*. La perlite est elle-même un mélange hétérogène de fer et du carbure de fer appelé *cémentite*. Les aciers

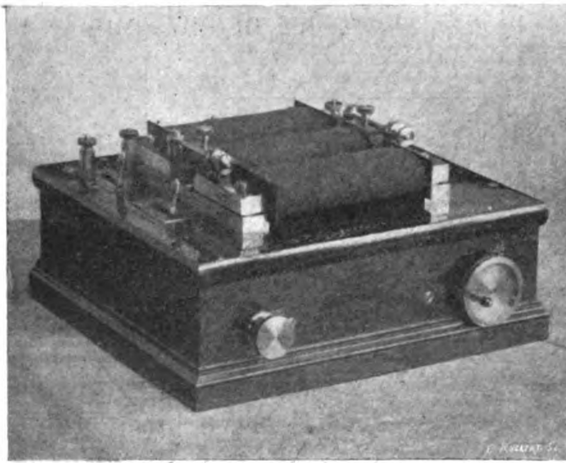


Fig. 4.

durs, au-dessus de 0,9 p. 100 de carbone, renferment seulement de la perlite. Les aciers doux, à faible teneur de carbone, sont composés de grains de ferrite entre les joints desquels se trouve la perlite.

La chaleur modifie la grosseur des grains de ferrite : de l'acier trempé à 900° environ a un grain très fin, si on le remet ensuite vers 6 à 800°, la grosseur du grain augmente.

Les corps étrangers agissent différemment sur la cristallisation de l'acier : le nickel empêche cette cristallisation, tandis que le silicium et l'aluminium la facilitent, de sorte que les aciers préparés avec ces deux métaux ont un grain très gros. D'ailleurs, les corps étrangers se présentent sous deux états dans l'acier ; certains, comme dans le nickel, le silicium, l'aluminium, forment avec le fer une *solution solide* ; d'autres sont simplement mélangés, comme le soufre, qui se trouve entre les grains de ferrite, le chrome, le tungstène et le molybdène qui se localisent dans la perlite. A ces deux états correspondent des modifications différentes des propriétés physiques.

Toute action mécanique exercée sur l'acier se traduit finalement par un allongement qui *oriente* les grains ; le recuit, qui modifie les dimensions des grains, détruit leur orientation et, par là, combat l'effet des actions mécaniques.

Le forgeage, c'est-à-dire le travail mécanique *à chaud*, combine les deux actions ci-dessus et peut ainsi les neutraliser.

La conductibilité électrique est une propriété *additive*, c'est-à-dire que la conductibilité totale d'une masse hétérogène est la somme des conductibilités partielles. L'expérience montre que la conductibilité varie avec la teneur en carbone et M. Le Chatelier a pu déterminer la résistivité des éléments des aciers : il a trouvé 9,5 microhms-centimètres pour la perlite et 45 pour la cémentite. Les actions calorifiques et mécaniques, qui laissent les proportions à peu près constantes, modifient peu la conductibilité.

Les corps qui se mélangent simplement avec les aciers ajoutent leur conductibilité, mais comme celle-ci est généralement très faible, le résultat est un corps moins conducteur que l'acier pur. Les corps qui se dissolvent augmentent toujours la résistivité et cela d'autant plus que leur poids atomique est plus faible [1]. Un savant Suédois indique une augmentation de 7,5 microhms-centimètres par atomes de corps dissous.

Pour les propriétés magnétiques, les actions sont plus complexes et moins bien définies actuellement. Les corps dissous dans la ferrite produisent des effets différents ; ainsi le nickel donne avec l'acier des alliages dont les propriétés diffèrent beaucoup de celles des constituants. D'autres corps, au contraire, le silicium et l'aluminium, par exemple, augmentent la perméabilité. Pour ces derniers, l'augmentation de la perméabilité est peut-être due au grossissement du grain qui diminue l'importance de la perlite ; on sait, en effet, que la ferrite est plus perméable que la perlite, de sorte que celle-ci, placée entre les grains de ferrite, joue le rôle des joints dans un circuit magnétique.

[1] Voir les travaux de Barrett, Brown et Hadfield, *Éclairage Électrique*, t. XXXII, p. 253.

Au point de vue de l'hystérésis, on peut assimiler les grains de ferrite aux molécules orientées de la théorie d'Ewing et alors on comprend que les aciers à grains fins donnent plus d'hystérésis que ceux à gros grains. Par suite, tout ce qui a pour effet d'augmenter la grosseur des cristaux de ferrite, recuit, adjonction de Si et Al, doit diminuer l'hystérésis ; la pratique démontre qu'il en est ainsi.

Il y a une question, fort importante en pratique, sur laquelle il est encore impossible de donner des explications théoriques, c'est celle du *vieillissement*. On sait que l'on appelle ainsi la modification que subit l'hystérésis avec le temps et sous l'action de températures relativement peu élevées. Tout ce que l'on peut dire jusqu'à présent, c'est que certains aciers vieillissent et d'autres pas. M. Charpy, après de nombreux essais a simplement observé ceci : les aciers Martin ne vieillissent pas, tandis que les aciers Bessemer subissent cette modification. M. Charpy ne croit pas que cette distinction soit caractéristique et il n'y attache aucune valeur pratique.

Une autre distinction a éte plus nette jusqu'ici ; on a constaté que la plupart des aciers à hystérésis faible variaient beaucoup, — M. Charpy en signale un, donnant au début, à l'hystérésimètre Blondel, $\eta = 0,00108$ et, après cent quatre-vingt-dix heures de chauffage à 100°, $\eta = 0,00252$! — tandis que les aciers dans lesquels η a une valeur moyenne ou élevée, $\eta > 0,0015$, varient peu ou pas du tout. Il était intéressant de vérifier si les nouveaux alliages, aciers au Si et à l'Al, dans lesquels η est voisin de 0,001, étaient stables ; les expériences faites semblent démontrer que la permanence de l'hystérésis est certaine.

Il ne semble pas que le fer pur doive donner des résultats meilleurs que ceux que l'on obtient aujourd'hui, c'est plutôt du côté des alliages qu'il faut se tourner. M. Charpy a fait fabriquer industriellement les nouveaux alliages, en opérant au four Martin, sur plusieurs tonnes de métal et il est arrivé ainsi à vérifier la plupart des résultats annoncés par Hadfield.

Le phénomène du vieillissement des tôles ne peut être mieux comparé qu'à celui du déplacement de zéro des thermomètres ; en effet, là comme ici, les variations de température jouent un rôle important et produisent des cycles de même forme. On peut tirer de là une règle pratique : c'est que pour vérifier la stabilité de l'hystérésis d'une tôle, *il faut la chauffer à l'étuve à la température à laquelle on prévoit qu'elle sera soumise dans la machine où on doit l'employer*. Il ne suffit donc pas de faire l'étuvage à une température uniforme, puisque tel acier, invariable à 130°, peut veillir à 140°, ou réciproquement.

H. A.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 5 décembre 1902

A propos de la communication faite par M. Houllevigue dans la précédente séance sur la production de lames métalliques par projection cathodique, **M. Villard** fait connaître le résultat de ses observations sur la ***pulvérisation cathodique***.

Répondant à une observation de M. Benoist, qui avait cru remarquer que la formation des lames métalliques était d'autant plus facile que le poids atomique du métal était plus élevé, M. Houllevigue avait répondu que les résultats qu'il avait obtenus ne semblaient pas exactement d'accord avec cette relation simple ; M. Villard, qui a eu très souvent l'occasion d'employer des métaux divers dans des tubes à vide, demande la permission de faire connaître, avec toutes les réserves possibles, son opinion personnelle.

Il a toujours paru à M. Villard que la pulvérisation était d'autant plus facile que le poids atomique du métal est plus élevé ; une anomalie est présentée pour l'argent, qui se pulvérise aussi facilement que le platine, bien que son poids atomique soit moitié moindre, mais il est à remarquer que l'argent présente la même anomalie au point de vue de la transparence aux rayons X. Le carbone ne donne rien, non plus que les métaux de poids atomique bas, tels que le sodium, le lithium, le magnésium, l'aluminium.

D'autre part, il y a une solution entre la facilité de pulvérisation et le poids atomique du gaz contenu dans le tube de Crookes. La pulvérisation de l'aluminium, qui, dans l'hydrogène, ne devient appréciable qu'au bout d'un nombre d'heures très élevé, est très sensible dans l'oxy-

gène ; elle devient extrêmement rapide dans l'argon, dès qu'il est pur ; or l'argon a un poids atomique très élevé par rapport à celui des gaz qui se rencontrent d'ordinaire dans les tubes de Crookes et qui se réduisent en général, comme l'a montré M. Villard, à de l'hydrogène. Il semble donc que la pulvérisation d'une cathode soit d'autant plus facile que le poids atomique du gaz est plus élevé. M. Villard rappelle en terminant que la pulvérisation ne se produit jamais quand le métal est anode.

M. V. Crémieux, expose l'***état actuel de la question de la convection électrique.***

Parlant d'abord des travaux antérieurs aux siens, M. Crémieux rappelle que, si la première expérience de Rowland emporta d'abord la conviction générale et put même paraître presque une superfétation, il ne pouvait plus en être de même le jour où M. Lecher essaya inutilement de la répéter. Il est malheureusement impossible, en l'absence de toutes données relatives à l'appareil, de se faire une idée exacte de la tentative. Himstedt a cherché, sans faire de mesures absolues, à vérifier la proportionnalité de l'effet au potentiel de charge et à la vitesse de rotation ; constatant que la proportionnalité cesse à partir d'un certain potentiel, il conclut qu'à ce moment le disque cesse d'entraîner toute sa charge.

Rowland répéta son expérience avec Hutchinson, en faisant tourner deux disques verticaux entre lesquels se trouvait l'une des aiguilles d'un système astatique. La lecture du mémoire laisse l'impression d'un effet positif, mais il y a des anomalies inexpliquées ; l'accord avec le calcul est très bon dans un sens, moins bon dans le sens contraire.

En cherchant à mettre en évidence l'effet magnétique de la convection électrique au moyen d'un courant induit (1), M. Crémieu n'a obtenu aucun résultat, mais M. Pender, qui a répété l'expérience en faisant tourner deux disques, a observé un effet concordant très approximativement avec le calcul. M. Crémieu a ensuite répété sans succès l'expérience même de Rowland (2). Une polémique qui s'éleva entre lui et MM. Wilson, Pocklington, Poincaré et Potier, et une étude théorique approfondie de M. Lévi-Cività établissent que l'effet attendu doit subsister même quand le disque tournant est entouré d'écrans, (écrans qui existaient d'ailleurs dans les expériences de Rowland).

(1) *L'Écl. Élect.*, t. XXIII, p. 429, 16 juin 1900.

(2) *L'Écl. Élect.* t. XXV, p. 326, 24 novembre 1900.

Pour répondre à une objection de M. Pender, M. Crémieu a repris ses expériences en opérant sur un disque dont la dorure était nue (1). Comme il est expliqué dans la note qui rapporte les résultats assez bizarres obtenus dans ce nouvel essai, M. Crémieu avait cherché à réaliser trois conditions : 1° Entraîner une charge avec son support pondérable ; 2° observer la seule action de cette charge sur les appareils destinés à déceler les effets magnétiques dus à son mouvement ; 3° éviter toute perte appréciable de la charge pendant ce mouvement.

Reprenant la discussion de ces trois points, M. Crémieu rappelle d'abord toutes les difficultés qu'a soulevées le premier. L'intensité, mesurée en ampères, du courant de conduction équivalent ne devenant numériquement égale à la charge, mesurée en coulombs, que si la vitesse de convection est celle de la lumière, on doit, pour obtenir un effet appréciable, donner des charges très élevées, qu'on a d'abord cherché à maintenir en faisant du disque mobile l'une des armatures d'un condensateur. Mais que se passe-t-il alors ? Les charges fixes sont-elles ou non entraînées par les charges mobiles ? Dans ce cas, l'effet total serait nul. Après avoir divisé le disque mobile en secteurs pour assurer le mouvement des charges qu'il porte, on a affecté la même division sur le disque fixe. La discussion rappelée plus haut a permis de conclure que l'action des courants qui peuvent alors se produire dans les parties fixes a une résultante nulle.

Dans les expériences de M. Adams (2) il y avait certainement entraînement des charges ; malheureusement, on peut reprocher à ce travail, comme à plusieurs autres, de ne pas expliquer un grand nombre de perturbations observées. Il est arrivé plusieurs fois qu'on constatait un effet énorme, puis qu'en modifiant les conditions, on l'a vu se réduire jusqu'au

(1) *L'Écl. Élect.*. t. XXXII, p. 150, 26 juillet 1902.

(2) *L'Écl. Élect.*, t. XXX, p. 484, 29 mars 1902.

voisinage de la valeur calculée. A ce moment les expérimentateurs se sont tenus pour satisfaits et ont effectué leurs mesures. Encore ces mesures sont-elles bien loin de fournir des résultats très réguliers. M. Adams donne par exemple la série des nombres suivants pour la déviation observée à une distance de 2 m

21 0 18 —6 10 —8 7 9 18 etc.

En prenant la moyenne des nombres *positifs* seuls, et rejetant les autres, il trouve 11,3 mm, ce qui lui permet de calculer pour v l'excellente valeur $2{,}9 . 10^{10}$

Touchant les deux autres points, M. Crémieu expose les faits [1] qui l'ont conduit à admettre l'existence d'effets, jusqu'ici inexpliqués, mais distincts de l'action magnétique qu'on a cherché à déceler. Il insiste sur les anomalies présentées par la charge de conducteurs portés sur des isolants aussi parfaits que la micanite, anomalies qui changent complètement avec le signe du potentiel de charge, sur la différence considérable entre le débit calculé et le débit observé et enfin sur les phénomènes particuliers présentés par les nœuds d'oscillation électrique. Toutes ces circonstances rendent bien douteuses la signification d'expériences dans lesquelles on a observé l'effet d'un renversement brusque du signe de la charge et laissent M. Crémieu dans l'indécision complète en ce qui concerne l'effet magnétique de la convection électrique. C. R.

INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS

Section locale de Glasgow

Séance du 8 avril 1902.

Notes sur l'essai des moteurs de tramways. Recherches de leurs propriétés caractéristiques, par **Michaël B. Field.** *Journal of the Institution of Electrical Engineers*, t. XXXI, p. 1283-1319.

Pour faire l'essai d'un moteur de tramway, les ingénieurs anglais se contentent ordinairement de le monter sur la voiture à actionner et de lui faire parcourir la ligne. Si la vitesse est normale, s'il n'y a pas de fortes étincelles au collecteur et si le moteur ne s'échauffe pas à l'excès, l'appareil est considéré comme satisfaisant. Mais l'auteur fait remarquer que les résultats d'un pareil essai sont entièrement imputables au wattman, aussi conseille-t-il d'y joindre une épreuve à l'atelier, dont il se propose de donner le programme. La ventilation et le refroidissement seront naturellement moindres que pendant un essai sur route, mais on compense fort exactement cette inégalité en laissant

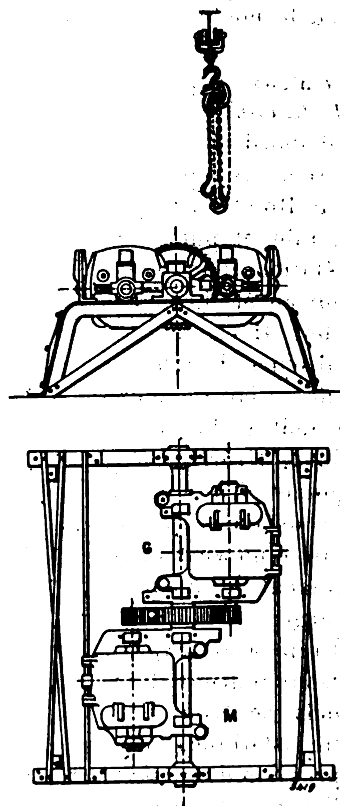


Fig. 1. — Élévation et vue en plan du châssis pour essais de moteurs de tramways.

ouvert le couvercle placé au-dessus du collecteur. Il est généralement reconnu qu'un moteur ne doit pas s'échauffer de plus de 60° C. C'est donc en tenant compte de cette limite de température qu'on doit évaluer sa puissance. La méthode que l'auteur va décrire a été appliquée par lui à la comparaison d'un grand nombre de moteurs de tramways ; elle permet de déterminer rapidement toutes leurs propriétés caractéristiques.

Les moteurs en essai sont montés sur le châssis que représente la figure 1. L'un d'eux, M,

(1) *L'Éclairage Électrique*, t. XXXII, p. 366, 6 septembre 1902.

fonctionne en moteur, et actionne l'autre, G, qui marche en générateur et dont la charge est absorbée par un rhéostat liquide. Le courant, après avoir traversé l'induit et l'inducteur de M, passe dans l'inducteur de G. La figure 2 indique le diagramme des connexions. Les machines M et G étant exactement semblables, ayant le même nombre d'ampèretours inducteurs et marchant

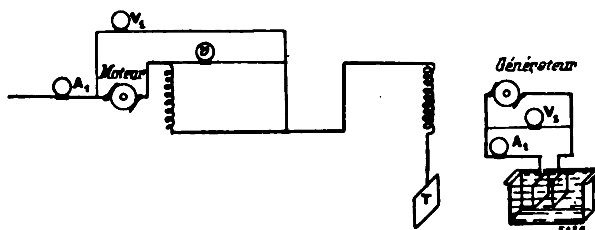


Fig. 2. — Connexions pour essais à 500 volts.

à la même vitesse, on peut regarder comme égales les pertes dans le fer et les pertes par frottement dans chacune d'elles [1].

Soient ${}_mR_a$ la résistance de l'armature du moteur, ${}_gR_a$ celle de l'armature de la génératrice, ${}_mR_f$ celle de l'inducteur du moteur ; A_1V_1 est la puissance absorbée, A_2V_2 la puissance recueillie ; donc $A_1V_1 - A_2V_2 =$ le total des pertes dans le moteur et la génératrice.

Si l'on retranche de cette quantité les pertes par effet Joule

$$A_1^2\,(R_a + {}_mR_f) + A_2^2\,{}_gR_a,$$

il reste le total des pertes dues à l'hystérésis, aux courants de Foucault, aux frottements, à la résistance de l'air, etc. Mais, pour des raisons déjà données, on peut très exactement assigner la moitié de ces pertes au moteur et l'autre moitié à la génératrice. On calculera donc facilement le rendement du moteur. Le voltmètre v permet de déterminer la résistance de l'inducteur du moteur pour chaque mesure de puissance absorbée et recueillie. Quant à la résistance de l'armature on la déterminera au commencement et à la fin de chaque série d'essais et, si l'on a aussi noté les temps des lectures, la résistance réelle des armatures pour chaque lecture se trouvera facilement par interpolation. En mesurant simultanément la tension appliquée, le courant absorbé, la vitesse, etc., on peut construire les courbes de la puissance absorbée, du rendement et par suite de la puissance recueillie. Au moyen de la courbe des vitesses, on obtient alors l'effort de traction et la caractéristique des volts en fonction des ampères pour toute vitesse donnée.

Tous ces résultats, à l'exception du dernier mentionné, doivent être rapportés à un voltage fixe, soit 500 volts, et à une température fixe, soit 20° C. L'exemple ci-après montrera le procédé à suivre. Soient ;

$A_1 = 50$ ampères ;

$V_1 = 490$ volts ;

${}_mR_a = 0{,}457$ ohm (valeur déterminée par interpolation entre les lectures initiale et finale, pour la température approximative de 47° C.) ;

(${}_mR_a = 0{,}414$ ohm à 20° C.) ;

${}_gR_a = 0{,}446$ ohm, valeur déterminée par interpolation, pour la température de 40° C. approximativement ;

(${}_gR_a = 0{,}414$ ohm à 20° C.) ;

${}_mR_f = 0{,}541$ ohm (valeur déterminée par interpolation, pour la température de 74° C. environ) ;

(${}_mR_f = 0{,}448$ ohm à 20° C.) ;

$A_2 = 40$ ampères ;

$V_2 = 421$ volts ;

Vitesse $= 422$ t. : m.

On a dans ce cas :

Puissance absorbée $= 24{,}5$ kilowatts.

» recueillie $= 16{,}84$ »

Les pertes ohmiques réelles dans l'inducteur et l'induit du moteur sont

$$\overline{50}^2 \times (0{,}457 + 0{,}541) = 2{,}5 \text{ kilowatts},$$

et dans l'induit de la génératrice :

$$\overline{40}^2 \times 0{,}446 = 0{,}714 \text{ kilowatt}.$$

[1] C'est ce qui permet d'obtenir le rendement de M et en même temps d'évaluer séparément les pertes bien plus exactement qu'on ne peut le faire avec la méthode d'Hopkinson. Par exemple si l'on voulait déterminer le rendement à 500 volts et 50 ampères au moyen de la méthode d'Hopkinson, il faudrait fournir à l'ensemble des deux machines la puissance correspondant aux pertes, soit sous forme mécanique au moyen d'une courroie, soit sous forme électrique en introduisant dans le circuit une force électromotrice supplémentaire. Supposons qu'à 50 ampères les pertes par effet Joule, RI^2, soient 9 p. 100 du total et les pertes dans le fer et l'engrenage 8 p. 100, c'est-à-dire que le rendement du moteur soit de 83 p. 100 ; alors il faudra affaiblir l'excitation d'un des moteurs de 18 p. 100 dans le premier cas et de 16 p. 100 dans le second. Il serait manifestement incorrect, dans ces conditions, de prendre pour le rendement de chaque machine la racine carrée du rendement combiné des deux.

Donc le total des pertes dans le fer, des pertes par frottements et par résistance de l'air est 4,45 kilowatts.

Des 490 volts appliqués au moteur, 50 sont nécessaires pour vaincre la résistance ohmique, ce qui laisse une force contre-électromotrice de 440 volts. Si la tension appliquée était de 500 volts et la température 20° C., la force contre-électromotrice serait de 457 volts, c'est-à-dire que la vitesse serait de 439 t. : m, au lieu de 422. On peut donc, avec beaucoup d'exactitude, accroître dans le même rapport, les pertes dans le fer et par frottement trouvées plus haut. Divisant par 2, on obtient 2,31 kilowatts comme valeur des pertes de cette nature dans le moteur fonctionnant à 500 volts, 50 ampères et 20° C. Enfin, après avoir effectué les corrections de température pour les valeurs des résistances de l'induit et de l'inducteur, on trouve pour le rendement du moteur dans ces conditions, 82 p. 100.

Avec un engrenage réduisant la vitesse dans le rapport de 4,86 à 1 et des roues de 0,75 m, on trouve une vitesse de 13 km : h., une puissance de 27,5 chevaux et un effort de traction de 575 kg à la jante des roues, si l'on ne fait aucune déduction pour les frottements des tourillons du truck.

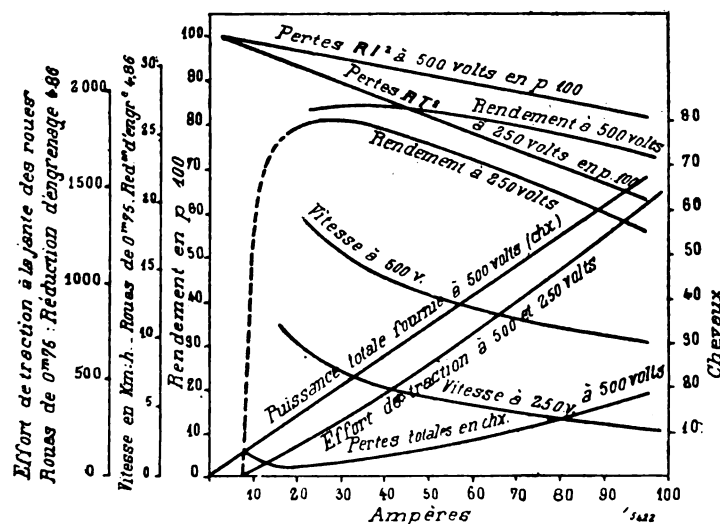


Fig. 4.

L'auteur a récemment essayé par cette méthode des moteurs de deux types (P et Q). Les caractéristiques de ces machines, qu'on a fait fonctionner à 500 et 250 volts, sont représentées par les courbes des figures 3 et 4. L'auteur donne en outre les tableaux de résultats des essais [1].

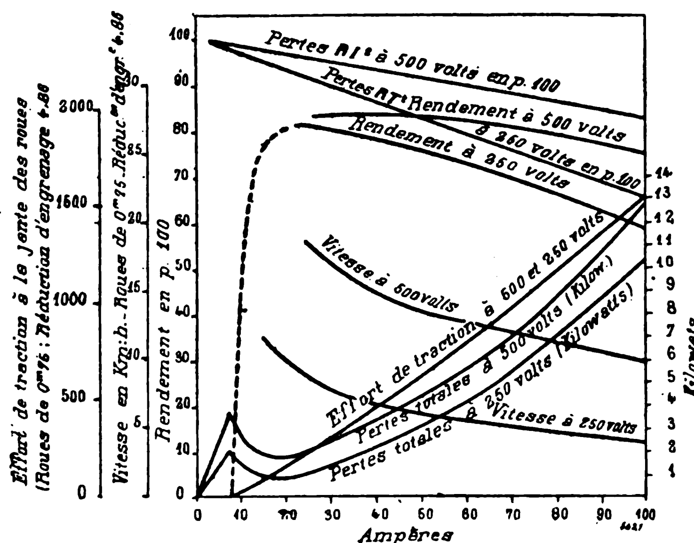


Fig. 3.

La figure 5 indique les connexions à établir pour l'essai à 250 votls, le courant étant fourni par une source à 500 volts. En disposant convenablement les trois plaques dans la cuve à eau, on peut maintenir une différence de potentiel de 250 volts aux bornes du moteur avec l'intensité de courant voulue. Cette disposition permet d'effectuer toute une série d'essais à voltages différents. Si pour chaque lecture on détermine séparément les pertes dans le fer, on pourra tracer un ensemble de courbes montrant la variation des pertes dans le fer et par frottements avec la vitesse pour chaque valeur de l'excitation. Alors, en employant la méthode de Kapp, c'est-à-dire en divisant la valeur des pertes par la vitesse, il sera possible de séparer les pertes par courants de

[1] Dans les figures (3) et (4), les courbes d'efforts de traction ont été tracées sans tenir compte des frottements des essieux. Il faudra donc, dans les calculs, déduire 7 à

Foucault des pertes dues à l'hystérésis et aux frottements.

Pour déterminer l'intensité du courant de démarrage, qui est le point de départ de la courbe du rendement, on retire du châssis un des mo-

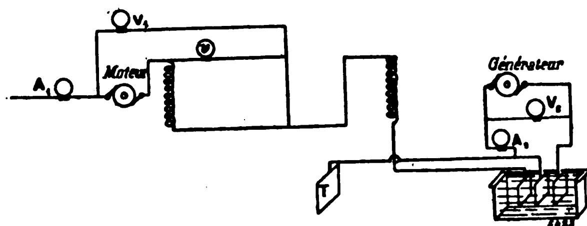


Fig. 5. — Connexions pour essais à 250 volts.

teurs et l'on introduit dans le circuit de l'autre une résistance suffisante pour abaisser le couple juste à la valeur du démarrage.

Il faut noter que cette méthode d'essai repose entièrement sur la présomption que les moteurs M et G sont assez semblables pour que, avec des courants d'excitation égaux et marchant à la même vitesse, ils engendrent des forces électromotrices égales. Une très légère différence de longueur d'entrefer entre les deux moteurs empêcherait cette égalité, mais l'auteur a constaté qu'avec des moteurs de bonnes marques, la présomption ci-dessus est bien fondée. On peut d'ailleurs s'en assurer facilement. La tension appliquée au moteur M et la chute de voltage dans ce moteur sont connues, donc aussi la force contre-électromotrice. De même on connaît la tension aux bornes de G et la chute de voltage dans l'induit, d'où la force électromotrice engendrée. Ces deux valeurs doivent être égales, puisque dans les deux machines, les balais sont calés sur la ligne neutre. Il faut remarquer, d'ailleurs, qu'une différence de 5 p. 100 entre ces forces électromotrices ne causera qu'une erreur de 0,2 p. 100 dans le rendement total, calculé comme il a été dit.

L'auteur mentionne une méthode qu'il a quelquefois employée pour obtenir la courbe des couples. Il se servait d'un frein de Prony, dont la poulie de fonte, creuse, était partiellement remplie d'eau. Ce dispositif, qui empêche toute élévation excessive de température, lui a permis de faire absorber au frein une puissance de 100 chevaux.

L'auteur passe ensuite aux essais d'échauffement, pour lesquels il donne quelques indications pratiques sur les connexions et la façon de disposer les thermomètres. Il faut éviter qu'il se produise au collecteur des étincelles anormales (c'est-à-dire celles qui ne tiennent pas à la nature même du moteur, mais sont dues à quelque défaut particulier, comme la vibration du châssis). On fera des essais pour différentes valeurs de l'intensité, en laissant, chaque fois, la température s'élever à 75° C. On aura ainsi la caractéristique thermique du moteur.

L'auteur traite ensuite la question du freinage électrique ; il trace des diagrammes donnant la valeur de l'effort retardateur à la jante des roues pour chaque valeur du rapport $\frac{n}{R}$ (n = vitesse en km : h., R = résistance totale du circuit de l'induit).

Pour étudier le courant probable qui sera absorbé sur un itinéraire donné, il est commode de porter sur un même diagramme les lignes représentant les effets de traction nécessaires pour remorquer une voiture de poids donné sur des rampes d'inclinaisons différentes et à différentes accélérations. La résistance au roulement et les frottements des coussinets peuvent être représentés par une rampe faible. En calculant la force nécessaire pour imprimer une accélération donnée à une masse donnée, il ne faut pas considérer seulement l'accélération linéaire de la voiture, mais aussi l'accélération angulaire des pièces en rotation. C'est ce qu'on fera en accroissant d'une certaine quantité, 9 à 10 p. 100 dans les cas ordinaires, la valeur du poids mort.

Ayant ainsi obtenu toutes les courbes caractéristiques relatives au moteur, une question se

---

9 kg, par tonne de poids mort, de l'effort de traction total des deux moteurs, tel qu'il est donné par ces courbes.

Les traits généraux des moteurs P et Q sont les suivants :

	P.	Q.
Diamètre de l'induit	346mm	345mm
Longueur du noyau de l'induit	190 »	180 »
Nombre d'encoches	37	53
» de lames au collecteur	111	105
» de bobines induites	37 × 3	105
» de tôles	4	4
Réduction de l'engrenage	4.86	4,86
Poids du moteur (sans l'engrenage ni sa boite)	835 kg.	866 kg.
Poids de l'induit et du pignon denté	214 kg.	215 kg.

présente naturellement : quel est le point où le rendement a le plus d'importance ? autrement dit, quelle forme devrait avoir la courbe de rendement pour procurer le plus grand avantage commercial possible ? Ceci dépend d'un grand nombre de facteurs : profil de la ligne, intensité du trafic, nombre moyen d'arrêts par heure, habileté du wattman, vitesse maxima permise, etc. L'auteur, pour résoudre la question, divise le trajet en cinq périodes : 1° courant coupé ; 2° moteurs en série, avec une résistance en circuit ; 3° marche en série sans résistance ; 4° marche en parallèle avec une résistance en circuit ; 5° marche en parallèle sans résistance. On détermine la durée moyenne en secondes de chacune de ces périodes pendant un trajet. Connaissant, d'autre part, d'après les observations faites à l'usine génératrice, le courant moyen absorbé, on verra quelle est la partie de la courbe de rendement qui présente le plus d'intérêt.

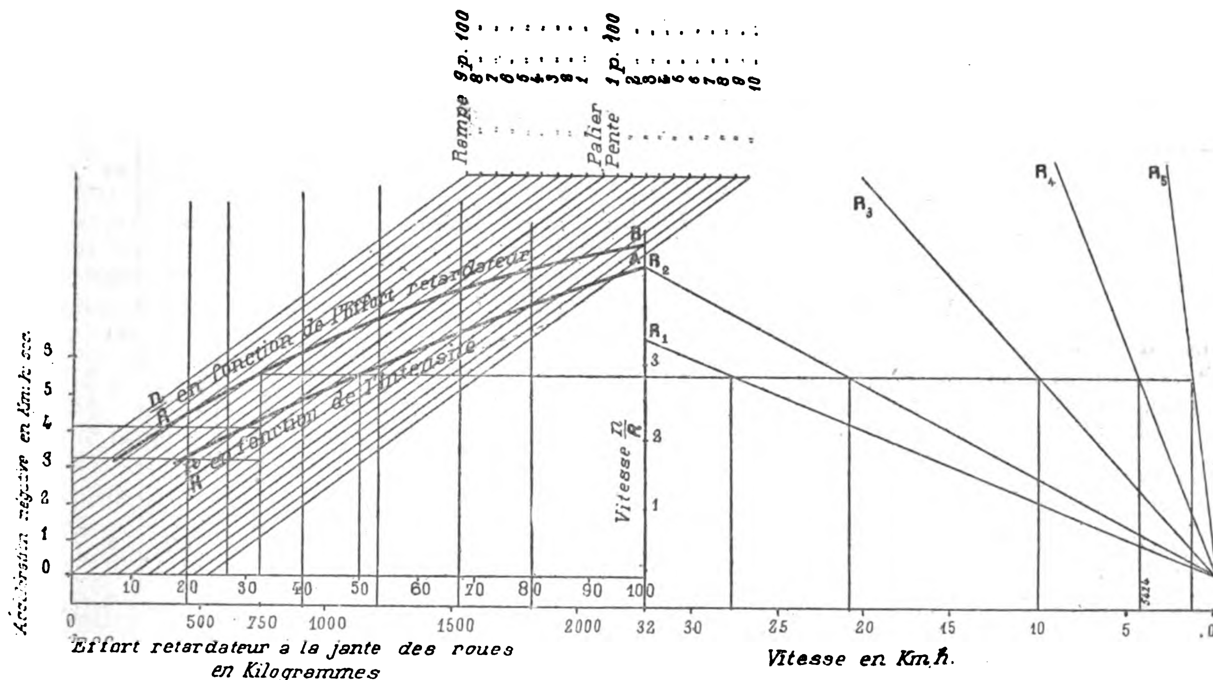


Fig. 6.

L'auteur expose ensuite des méthodes graphiques imaginées par lui pour déterminer très exactement les courbes d'intensité de courant, de vitesse, de distance parcourue, etc., pendant les périodes d'accélération et de freinage. Nous ne reproduirons que le diagramme du freinage (fig. 6). On porte en abscisses l'intensité du courant absorbé par chaque moteur et, sur la droite, une échelle verticale des valeurs de $\frac{n}{R}$. On construit la courbe des variations de $\frac{n}{R}$ en fonction de l'intensité (courbe A). Sur le prolongement de l'axe des abscisses on porte une échelle renversée des vitesses et l'on trace des droites représentant les valeurs de $\frac{n}{R}$ en fonction de n pour chaque valeur de R, c'est-à-dire pour les cinq touches du combinateur. Ayant porté sur une seconde échelle d'abscisses l'effort retardateur à la jante des roues évalué en kilogrammes, on trace en fonction de cet effort : 1° la courbe des valeurs de $\frac{n}{R}$ (courbe B) ; 2° un certain nombre de droites représentant l'accélération négative en km : h. : sec. sur une série de pentes montantes et descendantes, pour une voiture de poids donné (12 tonnes dans l'exemple choisi). La résistance au roulement de la voiture est représentée, pour plus de simplicité, par une rampe de 1 p. 100. Nous reproduisons en note [1]

[1] Dans le cas auquel se rapporte le diagramme de

les explications données par l'auteur sur l'usage de ce diagramme.

On peut encore déterminer graphiquement les intervalles de temps nécessaires pour amener les réductions successives de vitesse et les espaces parcourus. Pour cela, on portera sur une feuille à part l'intensité, le temps et la vitesse (déterminée par le diagramme précédent) et l'on construira la courbe des espaces par l'intégration de la courbe des vitesses.

Le diagramme d'accélération s'obtient par une méthode analogue.

D'après les données ainsi obtenues, l'auteur construit, pour le moteur du type P, les courbes de l'intensité et de la vitesse en fonction du temps pour les différentes positions qu'on peut donner à la manette du combinateur, dans les conditions suivantes :

1° Freinage en palier ;

2° Freinage sur une pente descendante de 4,5 p. 100 ;

3° Accélération en palier ;

4° Accélération sur une rampe de 4,5 p. 100

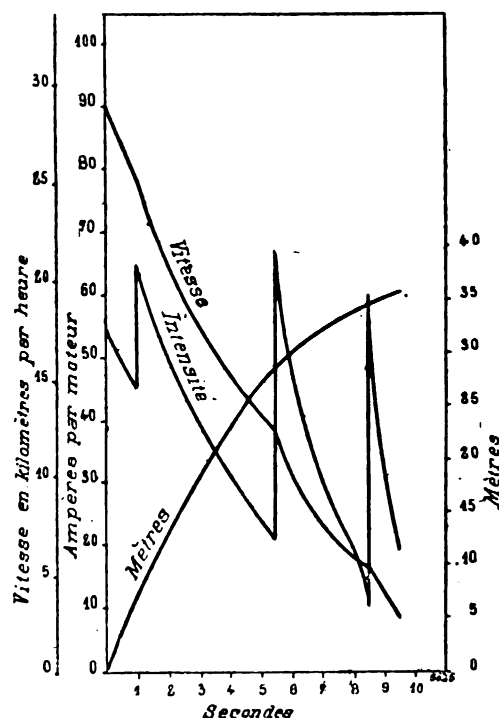


Fig. 7. — Diagramme de freinage.

On a ainsi tout ce qu'il faut pour déterminer comme on le voudra la manœuvre des accélérations et des freinages. Par la combinaison des courbes précédentes, on obtiendra les variations de l'intensité et de la vitesse en fonction du temps pendant ces périodes. La figure 7 donne un exemple de diagramme de freinage.

L'auteur reproduit à la fin de l'article un certain nombre de tableaux de résultats d'essais se rapportant aux deux types de moteurs considérés.

P. L.

---

la fig. 6, les valeurs des résistances R_1, R_2.., R_5 (c'est-à-dire des résistances du combinateur augmentées de la résistance intérieure des moteurs) sont les suivantes :

$$R_1 = 9{,}78 \text{ ohms}; \; R_2 = 7{,}48 : R_3 = 3{,}58 ;$$
$$R_4 = 1{,}58 ; \; R_5 = 0{,}48.$$

On voit, par exemple, qu'on aura 50 ampères dans chaque moteur si la voiture marche à 27,4 km : h., la manette du combinateur étant sur la première touche, où à 21 km : h., avec la résistance R_2, ou à 10 km : h., avec R_3, etc., et l'on n'aura cette intensité pour aucune autre vitesse. On voit en outre que l'effort retardateur par essieu pour chacune de ces vitesses, avec la résistance correspondante en circuit, est de 720 kg. Enfin le même diagramme donne l'accélération négative en km : h : sec. pour les pentes ascendantes ou descendantes comprises entre 0 et 10 p. 100. Nous avons par exemple avec 50 ampères, la manette étant sur la première touche et la vitesse de 27,4 km : h., une accélération négative de 4,15 km : h. sec. en palier ou de 3,2 km : h. sec., sur pente descendante de 3 p. 100. De même, soit 35 ampères la valeur de l'intensité de courant par moteur. Suivons l'ordonnée correspondante jusqu'au point de rencontre avec la courbe des valeurs de $\frac{n}{R}$ en fonction de l'intensité (courbe A); de ce point, menons une ligne horizontale jusqu'à la rencontre avec la droite représentant les valeurs de $\frac{n}{R}$ en fonction de n, et de là abaissons une ligne verticale sur l'échelle des vitesses ; nous trouvons 21,2 km : h. Si, à partir du point déterminé sur la courbe A, on mène une horizontale vers la gauche jusqu'à la rencontre avec la courbe B, qu'on abaisse de ce point une verticale jusqu'à rencontre avec la droite des paliers et si de ce nouveau point on mène une horizontale jusqu'à l'axe des accélérations négatives, on trouve, pour 35 ampères, la valeur 2,65 km : h. sec. L'accélération négative moyenne entre 50 et 35 ampères est donc 3,4 km : h. sec., et le changement de vitesse 5,8 km : h.

Le Gérant : C. NAUD

Tome XXXIII. Samedi 20 décembre 1902. 9e Année. — N° 51.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

LE CONGRÈS DE LA HOUILLE BLANCHE EN SUISSE (1)

Transport d'énergie de Saint-Maurice a Lausanne

Les membres du Congrès ont visité les installations de Saint-Maurice le 15 septembre, et celles de Lausanne le 17. Nous ne reviendrons pas sur la description de ces installations (2), dont les honneurs nous ont été faits avec une grande amabilité par M. Thury et les Ingénieurs de la ville de Lausanne. La photographie reproduite sur la figure 24 montre M. Thury expliquant à l'usine de Lausanne le fonctionnement de son régulateur aux membres du Congrès.

Depuis la visite de M. Guilbert, on a procédé aux essais d'isolement de la ligne et à des essais de retour du courant par la terre ; les résultats de ces essais ont été communiqués par M. Thury au Congrès à la séance de Chamonix. Nous en donnons un résumé.

Les essais d'isolement (3) ont été faits sans que la ligne ait été auparavant vérifiée, c'est à dire qu'elle était alors dans l'état ordinaire ; plusieurs isolateurs même étaient cassés ; les essais ont été faits avec la dynamo à courant continu pouvant donner une tension de 25 000 volts qui a été décrite dans le numéro du 19 juillet 1902, p. 89.

Les essais ont été faits à 20 000 volts ; les instruments employés étaient un voltmètre apériodique Hartmann et Braun, genre Desprez d'Arsonval, et un milli-ampèremètre Weston ; ils ont eu lieu les 9 et 10 septembre.

(1) Voir les numéros du 29 novembre et des 6 et 13 décembre, p. 289, 337 et 370.

(2) Voir t. XXXII, p. 41 et 84, 12 et 19 juillet 1902.

(3) Comme on se le rappelle, la ligne à 2 conducteurs a une longueur simple de 58 km. Elle est supportée par 1 500 poteaux en bois injecté et 3 000 isolateurs Ginori en porcelaine.

Le 9 septembre, par beau temps, les résultats ont été les suivants. 1° Entre les deux fils :

Tension, 20 000 volts. Intensité du courant, 0,0111 ampère. La résistance totale de l'isolement était donc de 1 802 000 ohms, soit 104,5 mégohms par kilomètre ; la dépense d'énergie de 220 watts, soit 0,073 watt par isolateur.

2° Entre la ligne et la terre :

a) Pôle négatif à la ligne, on a eu comme isolement 877 000 ohms à 20 000 volts et 1 316 000 ohms à 5 000 volts.

b) Pôle positif à la ligne, 740 000 ohms à 20 000 volts.

Le 10 septembre, les essais ont eu lieu à 8 heures du matin ; il régnait un fort brouillard sur toute la longueur de la ligne. On a eu :

1° Entre les deux fils : 1 540 000 ohms, soit 0,85 de l'isolement, par temps sec. L'énergie consommée a été de 260 watts, soit 0,0866 watt par isolateur à 20 000 volts.

2° Entre les deux fils et la terre :

a) Pôle positif à la terre.

à 20 000 volts	isolement :	864 000 ohms
à 10 000 »	»	1 115 000 »
à 4 000 »	»	1 777 000 »

b) Pôle négatif à la terre.

à 20 000 volts	isolement :	882 000 ohms
à 10 000 »	»	1 083 000 »
à 4 080 »	»	1 180 000 »
à 2 000 »	»	1 250 000 »

La diminution de la résistance d'isolement avec l'augmentation de la tension était moins sensible entre les fils qu'entre ceux-ci et la terre.

Il résulte de ces essais que l'isolement est bien meilleur avec le courant continu qu'avec le courant alternatif à tension égale ; ceci est dû à ce que l'isolement est fonction de la tension maximum qui est naturellement plus élevée pour le courant alternatif. M. Thury conclut de ces effets qu'il n'y a nullement à craindre l'électrolyse de la porcelaine avec des courants dérivés d'intensité aussi faible.

Il y a lieu de remarquer que, dans ces essais, les tableaux n'avaient pas été débranchés.

Les essais de retour du courant par la terre ont été faits de la manière suivante : on a supprimé un des fils que l'on a employé comme fil pilote et les extrémités de l'autre ont été mises à la terre.

A Lausanne, on a relié le fil aux terres des paratonnerres, reliées elles-mêmes aux conduites d'eau de l'usine. A Saint-Maurice, on a constitué une terre au moyen de vieux rails placés dans le sol ; malheureusement, à cet endroit, on est sur le cône de déjection d'un torrent et le sol est graveleux.

La résistance de chaque terre a été déterminée en mesurant la différence de potentiel entre le fil de terre et un piquet métallique enfoncé dans le sol à une certaine distance.

Les résultats ont été contrôlés en mesurant la différence de potentiel entre les deux fils de terre au moyen du fil pilote.

A Saint-Maurice, avec un courant de 150 ampères (courant normal de la transmission), la différence de potentiel due à la résistance de la terre a été de 185 volts ; la résistance est donc de 1,230 ohm. A Lausanne, la perte a été de 25 volts, résistance 0,167 ohm.

Le contrôle a été fait au moyen du fil pilote, en tenant compte de la résistance du fil de ligne.

La résistance de la terre est donc nulle, et il n'entre donc en ligne de compte que les résistances des deux contacts avec la terre.

Le contact à la terre, à Saint-Maurice, étant défectueux, la résistance a été plus élevée.

La mise à la terre d'un pôle peut amener une différence de potentiel très élevée entre

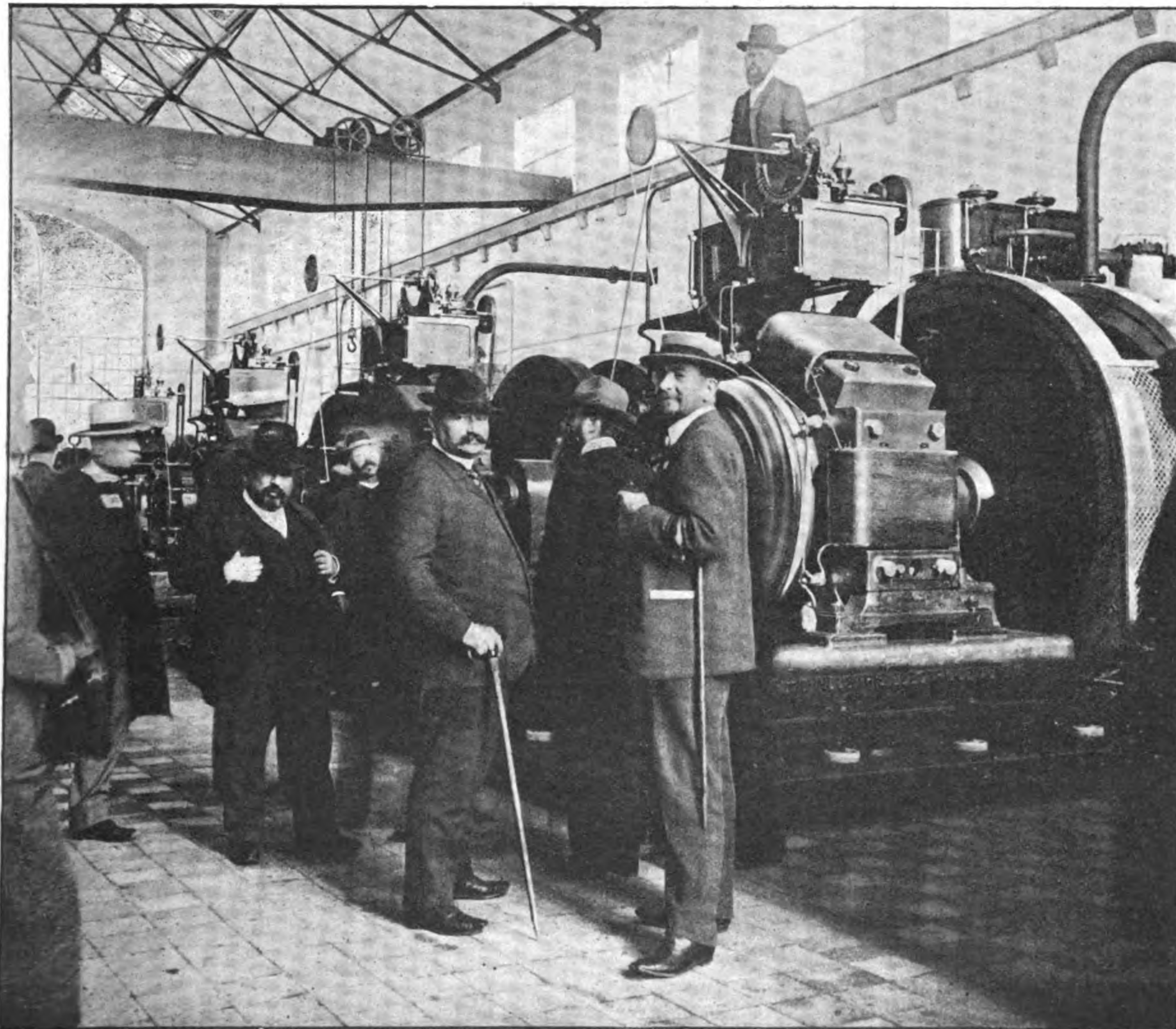


Fig. 24. — Photographie prise à l'intérieur de l'usine de Saint-Maurice, à Lausanne, pendant que M. Thury expliquait le fonctionnement de son régulateur.

les enroulements d'une dynamo et le bâti, quand ce dernier est isolé du sol. M. Thury a équilibré cette différence en reliant les enroulements et le bâti par une résistance supérieure à un megohm. Ces différences ne se manifestent, du reste, que quand la résistance d'isolement des enroulements est elle-même très grande.

M. Thury pense que la solution du problème du retour par la terre est en bonne voie de réalisation, il estime que la solution la plus rationnelle sera l'emploi comme terre au pôle positif d'électrodes en charbon de cornue, et au pôle négatif de plaques de fer.

L'économie de cuivre avec le retour par la terre serait considérable, la résistance de

la terre étant négligeable ; pour la même perte d'énergie par suite de la résistance de la ligne, on aurait un fil de section moitié moindre, c'est-à-dire un poids de cuivre quatre fois moindre qu'avec deux fils. La figure 25 montre l'installation des résistances liquides pour l'essai de rendement de l'installation et de la transmission de force, depuis Saint-Maurice;

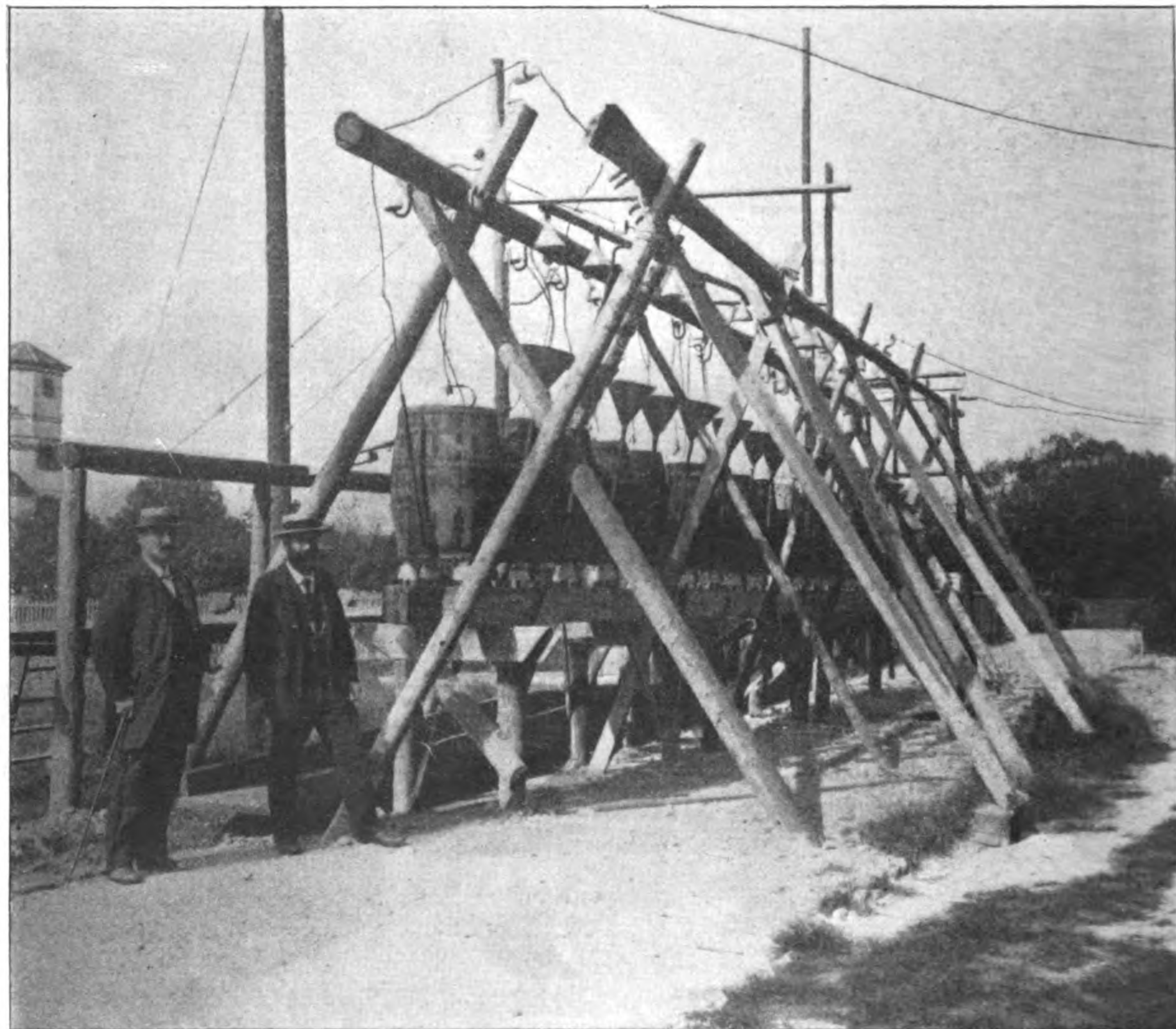


Fig. 25. — Installations des résistances liquides par M. Thury pour l'essai de l'isolement de l'installation et de la ligne de transmission depuis Saint-Maurice.

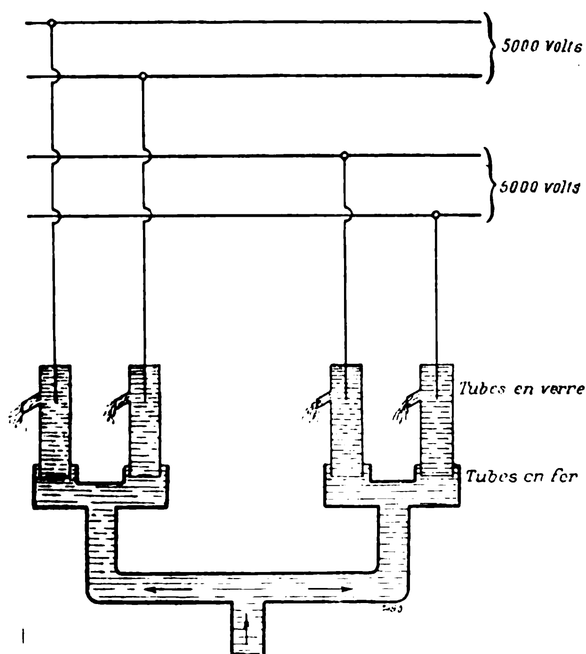
nous espérons pouvoir donner dans quelque temps le résultat de ces essais, qui ont eu lieu quelques jours après notre visite.

Le voyage s'est terminé le mercredi 17 septembre, par la visite des installations hydrauliques et électriques de la ville de Genève; ces installations ont été déjà décrites dans ce journal, nous n'y reviendrons donc pas. Cependant nous avons remarqué quelques détails intéressants, dont nous pouvons parler grâce aux explications qui nous ont été données par M. Graizier, l'aimable directeur du service électrique de la ville de Genève.

M. Graizier a fait installer à l'usine de Chèvres, un limitateur de tension présentant en somme un point d'isolement très défectueux avec la terre. Le schéma du montage est

indiqué (fig. 26) et la figure 27 représente cet appareil installé sur un réseau diphasé à 5 000 volts ; la résistance est formée par de l'eau, coulant à la partie supérieure du tube de verre. Cet appareil comme celui de M. Benischke est destiné à empêcher toute surélévation extraordinaire de potentiel et rend de bons services.

Les photographies reproduites sur les figures 28 et 29 qui nous ont été communiquées,



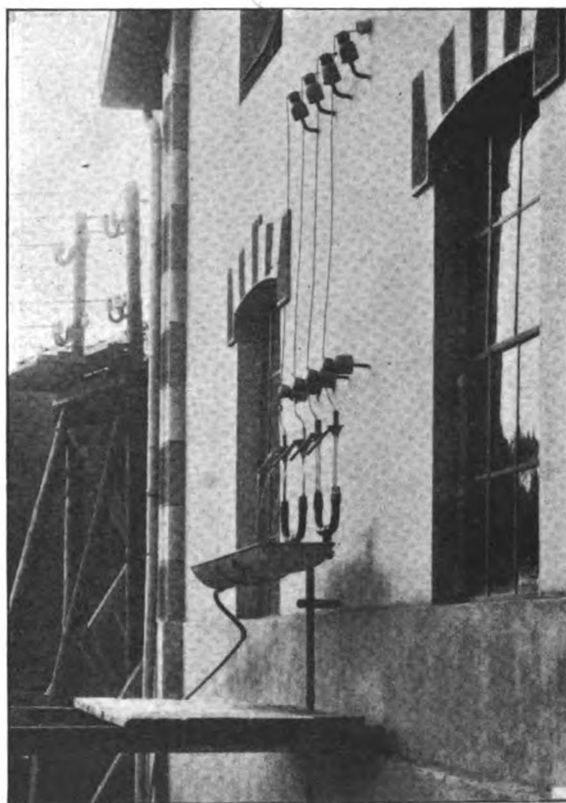


Fig. 26 et 27. — Schéma et photographie du limitateur de tension à résistance liquide installé par M. Graizier à l'usine de Chèvres.

ainsi que les suivantes, par M. Graizier, représentent un poteau qui a été brûlé en deux endroits dans les circonstances suivantes :

L'isolateur de la ferrure A s'étant cassé, le conducteur à 5 000 volts s'est trouvé en contact avec cette ferrure, et, à cette tension, avec l'isolement que présente le poteau sur une longueur de 6 m, il ne se serait rien produit, si un fil reliant à la terre la pointe du paratonnerre du poteau ne s'était trouvé dans le voisinage. Il y a eu passage d'un courant intense entre la ferrure et le fil de terre, à travers une longueur de bois très courte, de sorte que le poteau a été brûlé. Il y a eu également brûlure en B, qui est le point de passage du courant à la terre.

M. Graizier a fait diverses expériences à ce sujet, et maintenant on supprime les paratonnerres des poteaux.

Nous avons également remarqué un type de coupe-circuit fusible, étudié par le service électrique de la ville de Genève.

A la suite de divers accidents, M. Graizier et M. Elmer ont été amenés à faire des essais de coupe-circuit à haute tension, fonctionnant avec des courants intenses.

Le coupe circuit à l'essai [1] était branché directement entre les bornes d'une des phases d'un alternateur de 1 000 chevaux, de l'usine de Chèvres; en fermant le circuit au moyen d'un interrupteur, on mettait donc l'appareil en court-circuit sur les bornes de l'alternateur. Lors de ces essais, la plupart des coupe-circuit avec tubes de porcelaine n'ont pu résister, le tube était complètement détruit et l'arc se maintenait entre les bornes.



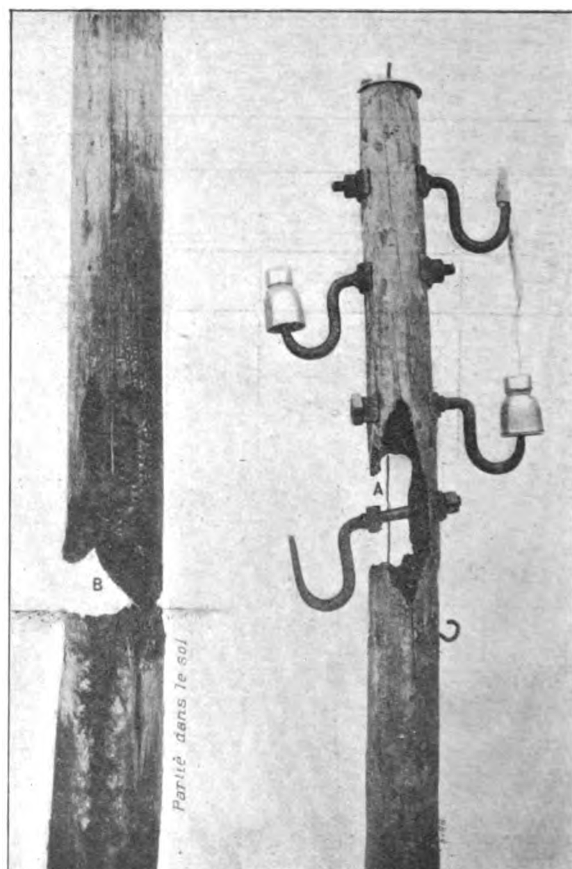


Fig. 28 et 29. — Photographies d'un poteau brûlé en deux endroits par un coup de foudre.

A la suite de ces essais, le service électrique de la ville de Genève a étudié un type de coupe-circuit à huile qui a été construit dans les ateliers de la société d'Oerlikon.

Le fusible (fig. 30) est constitué par des fils d'argent de 2 cm de longueur, d'un diamètre approprié, soudés à chacune de leurs extrémités à une plaque de laiton. A la partie supérieure la lame de laiton est fixée à une sorte de levier qui est soulevé en l'air par un ressort, lorsque le fusible a fondu (fig. 31). La plaque soudée à la partie inférieure est reliée à un ressort à boudin, formé d'un gros ruban de cuivre, fixée au fond d'un tube de verre dans lequel on met de l'huile isolante, jusqu'à 2 mm. environ au-dessous des fils fusibles, de sorte que ceux-ci sont placés dans l'air. Quand les fils fondent, le levier supérieur se soulève de sorte que l'on reconnait de suite que l'appareil a fonctionné. Le

[1] Le journal *La Machine* de Genève a donné dans ses numéros 74 et 76 des détails très intéressants sur ces essais.

ressort à boudin entraîne avec lui sous l'huile la partie inférieure du fil fondu, de sorte que l'arc est rompu.

Un grand nombre d'essais ont été faits avec ce coupe-circuit, qui a toujours bien fonctionné. Un appareil de ce type essayé à l'usine de Paderno-Milan sous 15 000 volts a fonctionné à diverses reprises sans aucune détérioration, sur un circuit desservi par quatre alternateurs de 1 000 chevaux.

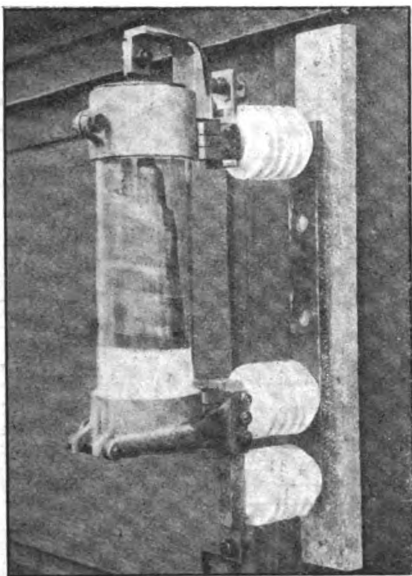


Fig. 30. — Coupe-circuit à l'huile construit par la Société Oerlikon pour l'usine de Chèvres.

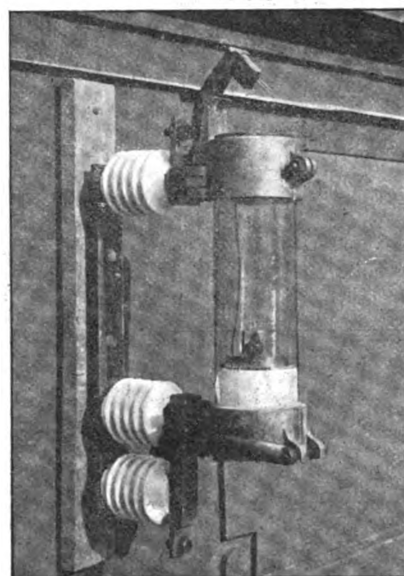


Fig. 31. — Le même coupe-circuit avec son levier en l'air indiquant que l'appareil a fonctionné.

Après cette dernière visite les membres du Congrès se sont réunis en un banquet d'adieu, offert à MM. Pinat, Boucher et Thury, et ensuite se sont séparés, en emportant un inoubliable souvenir de ce voyage à la fois si pittoresque et si instructif.

F. LOPPÉ.

APPLICATIONS MÉCANIQUES DE L'ÉLECTRICITÉ [1]

Parmi les systèmes déjà très nombreux, appliqués ou proposés pour la *commande des portes des cloisons étanches* au moyen de l'électricité, l'un des mieux étudiés est celui de la maison SAUTTER-HARLÉ, représenté par les figures 19-21.

La porte tourne (fig. 19 à 21) autour de deux charnières à axes verticaux A_2, A_2.

Sur la porte se trouve un cadre métallique B à 10 verrous b_1, b_1, b_1; dans les extrémités peuvent s'engager des gâches b_2, b_2, b_2, à plan incliné fixées sur la paroi qui entoure la porte. Le mouvement du cadre B est commandé par un excentrique b_3 calé sur un arbre b_8 portant à son extrémité un levier b_4.

[1] Voir *L'Éclairage Électrique* du 13 décembre, p. 364.

En appuyant sur le levier, on fait tourner l'excentrique et on donne au cadre un mouvement de va-et-vient vertical guidé par 4 tenons b_6, b_6, etc.

La commande électrique comprend un moteur C_1 fixé sur le cadre de la porte. L'arbre C_1

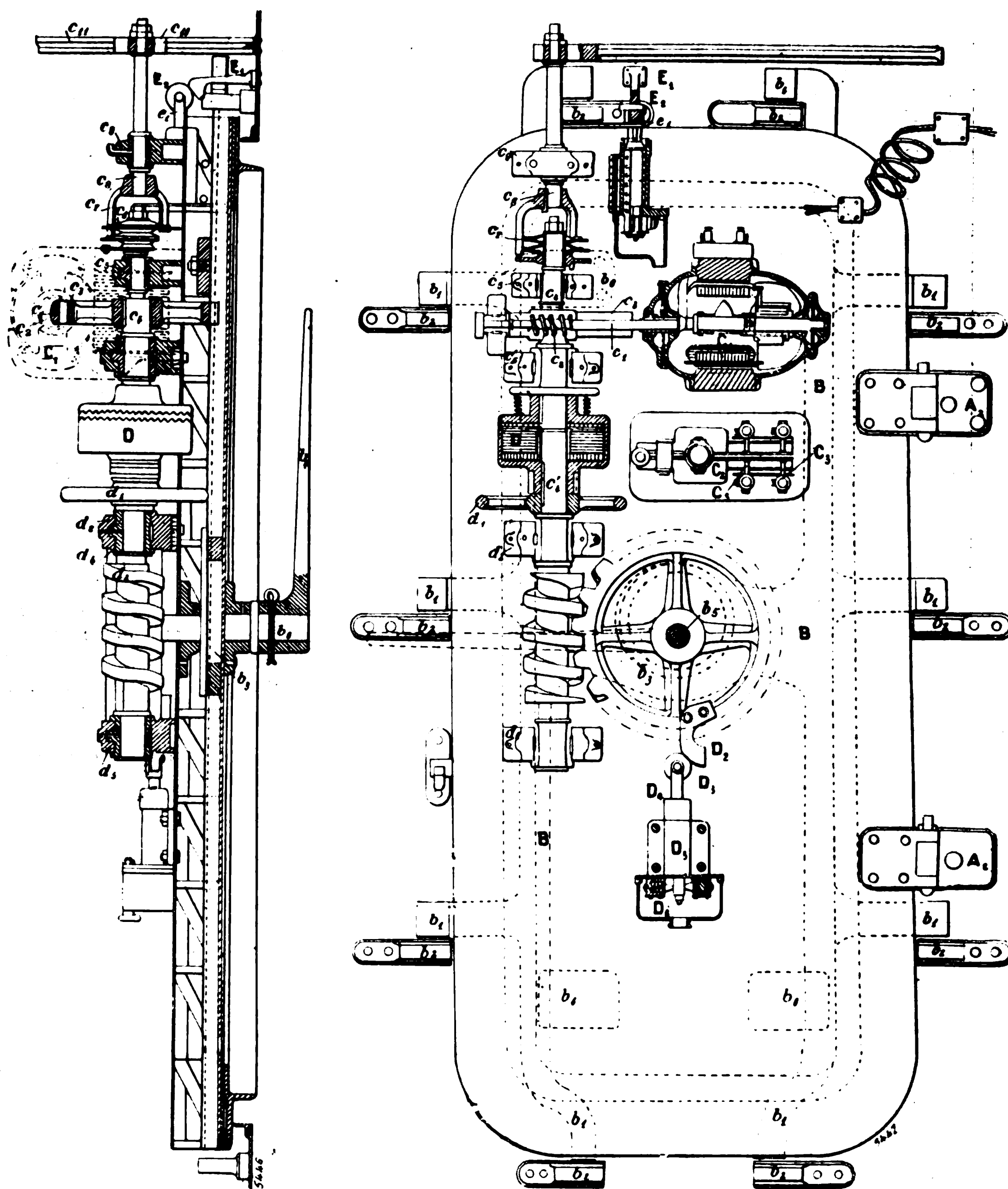


Fig. 19 et 20. — Fermetures de portes de cloisons étanches Sautter-Harlé.

de ce moteur porte une vis sans fin c_2 commandant une roue c_3 calée sur un axe vertical c_4. A la partie supérieure, l'arbre c_4 transmet son mouvement par l'intermédiaire d'un entraînement à friction par rondelles Belleville c_6, c_7 à un arbre vertical c_8 placé dans son pro-

longement. A l'extrémité de l'arbre c_8 se trouve un pignon c_{10} engrenant avec un secteur denté c_{11} embrassant un angle de 90° et fixé à la cloison.

La partie inférieure de l'arbre c_4 au-dessous de la roue c_3 se prolonge jusqu'à un embrayage magnétique D, qui établit la communication de l'arbre c_4 avec un prolongement c_4'. Sur ce prolongement se trouve calé un volant à main d_1. L'arbre c'_4 porte une vis sans fin d_3, qui engrène avec une roue dentée d_4, calée sur l'arbre b_5 de l'excentrique de commande du cadre. L'extrémité inférieure de la vis d_3 est fixée au moyen d'un palier d_5, la roue d_4 porte elle-même une came D_2, laquelle, dans son mouvement, vient appuyer contre une roulette D_3 montée sur un support D_4, lequel actionne, par l'intermédiaire de l'arbre D_5, un contact électrique D_6.

A la partie supérieure, est fixée sur une paroi une pièce E_1 en forme de came, laquelle, dans le mouvement de la porte, peut venir appuyer contre une roulette E_2, montée sur un support e_1 (fig. 21); ce dernier actionne, par l'intermédiaire d'un axe e_2 et d'un ressort antagoniste e_3, un contact électrique e_4. La roulette, ainsi que le contact électrique, sont fixés sur la porte. Sur le cadre de la porte, se trouve fixé un électro-aimant C_2, commandant une armature à levier formant interrupteur au moyen de touches C_3, C_3, qui établissent ou rompent le contact du circuit de l'armature du moteur électrique.

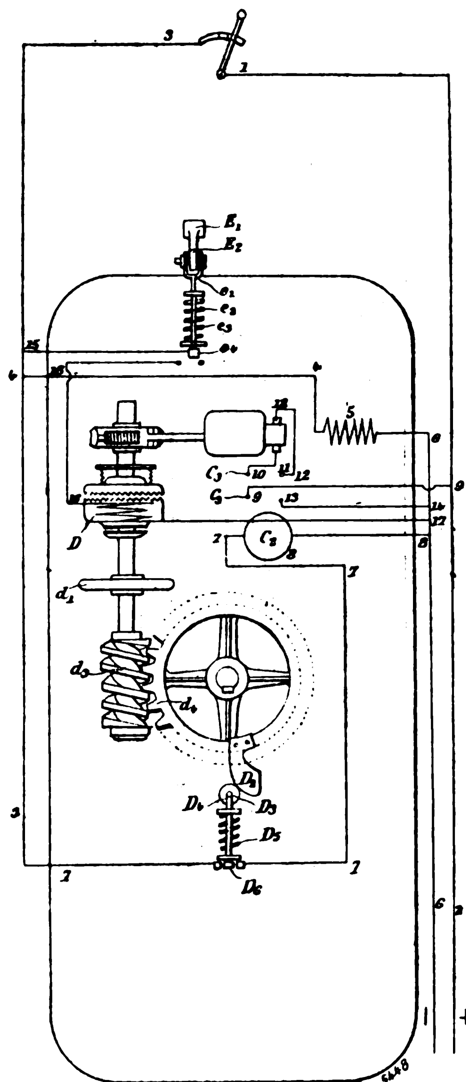


Fig. 21.

Supposons la porte ouverte, l'action du moteur doit être tout d'abord de la fermer en venant l'appliquer contre la paroi, puis de la verrouiller en déplaçant le cadre B et les verrous qu'il porte. Il faut donc que le moteur agisse d'abord sur le mouvement de translation de la porte, puis sur le mouvement de verrouillage, enfin, une fois ces opérations finies, qu'il s'arrête de lui-même.

Soit 1 (fig. 21) l'interrupteur de courant placé sous la main de l'officier commandant.

Pour fermer la porte, l'opérateur ferme l'interrupteur 1, le courant venant du pôle positif se rend alors par 2-2 à l'interrupteur qu'il traverse, puis, par 3, 4-4, à l'inducteur 5 du moteur, il retourne au pôle négatif par 6-6. En même temps, le courant qui vient par 3-3 de l'interrupteur se rend par le fil 7 7, en traversant le contact D_6, qui est établi, à l'électro C_2 du commutateur à relais; il excite cet électro et retourne par 8-8 et 6 au pôle négatif.

L'électro du relais C_2 étant excité abaisse son armature. Le courant positif traverse alors, par 2, 9-9 et 10, l'induit du moteur en 11 et 12; il retourne au pôle négatif par le deuxième contact du relais 12, 13, les fils 14 et 6.

Le moteur se met alors en mouvement et entraîne la vis sans fin c_2 et la roue c_3.

L'axe vertical c_4 se met à tourner et actionne, par l'entraînement à friction c_6 et c_7,

l'axe c_9 et le pignon c_{10}. Ce dernier agit sur le secteur denté c_{11}, et entraîne toute la porte qui tourne sur ses charnières et vient s'appliquer contre la paroi ; dès que la porte arrive au contact de la paroi, la roulette E_2, pressée par le doigt E_1. s'abaisse et, par l'axe e_2, vient établir le contact électrique e_4.

Le courant qui sort de l'interrupteur, arrivant par 3, peut se fermer par 15 et 16 en tra-

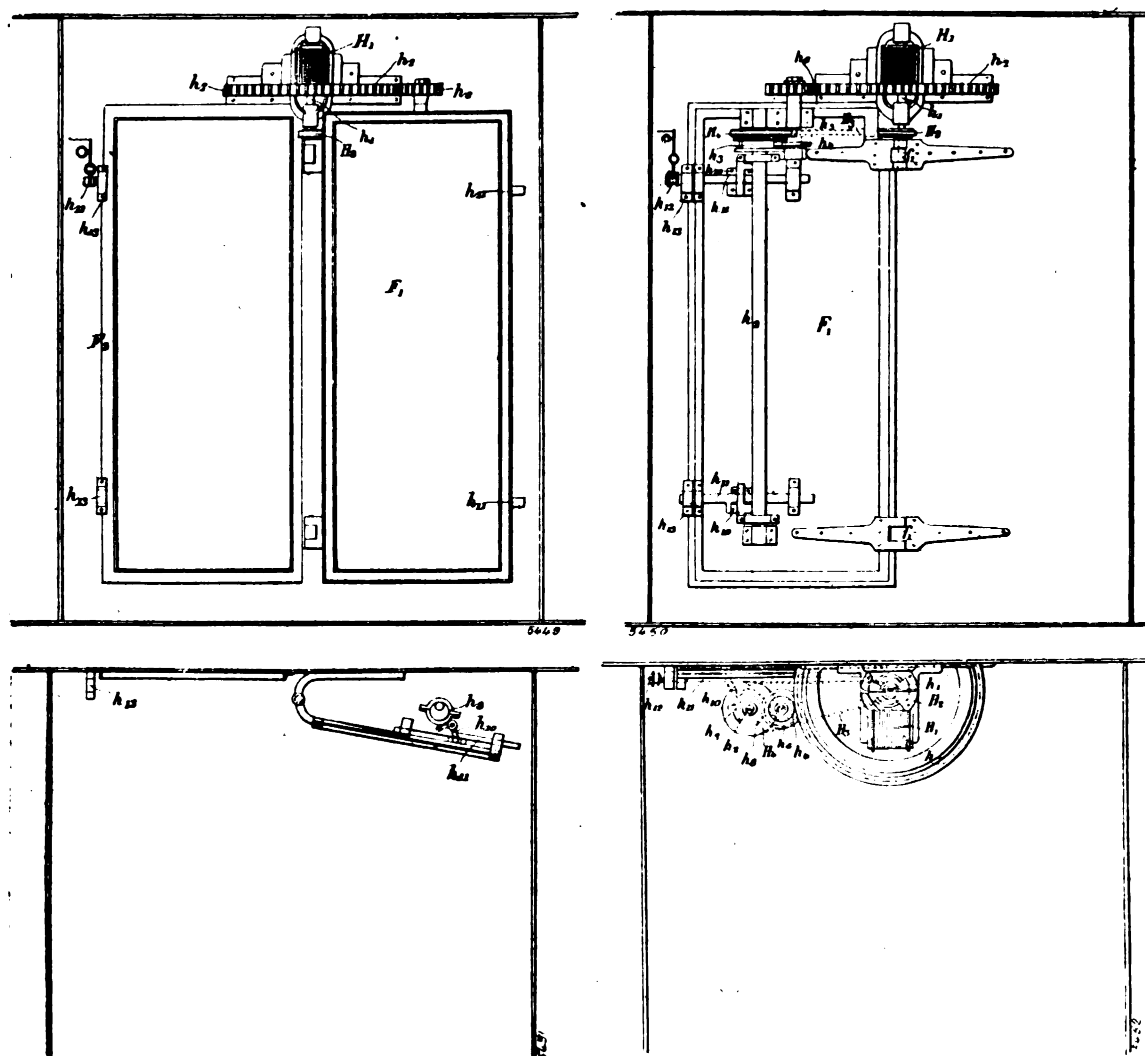


Fig. 22 à 25. — Porte Sautter-Harlé. Variante.

versant le contact e_4 ; il se rend alors à l'enroulement de l'embrayage magnétique D. Cet embrayage étant excité, ses deux parties se ferment en mettant leurs dents triangulaires en contact. L'arbre c_4 communique alors son mouvement au moyen de l'embrayage à l'arbre inférieur c_5 qui entraîne la vis d_3, la roue d_4, l'axe b_5 et enfin l'excentrique b_3.

Le mouvement de l'excentrique abaisse le cadre mobile B, et oblige les verrous b_1 à pénétrer dans les gâches b_2. Le verrouillage est donc assuré avec une puissance proportionnelle à celle du moteur.

Pendant que se fait le mouvement de verrouillage, l'arbre c_4 continue à tourner, mais

il ne produit plus l'entraînement du pignon c_{10} qui se trouve à fin de course, par suite du glissement des rondelles Belleville c_6, qui servent de limiteurs de force.

D'autre part, lorsque le mouvement de verrouillage est terminé par la rotation de la roue d_4, la came D_2 qu'elle porte vient s'appliquer contre la roulette D_3 et celle-ci, repoussée par cette came, rompt, avec l'intermédiaire du support D_4 et de l'arbre D_5, le contact électrique D_6.

Le courant qui, venant par 7-7, alimentait l'électro-aimant C_2 du relais, se trouve ainsi coupé, le relais n'étant plus excité revient en arrière par son ressort antagoniste ; les contacts 9, 10, 12, 13 sont coupés et, par suite, le courant ne traverse plus l'armature du moteur électrique, celui-ci s'arrête.

Tant que l'interrupteur se trouve fermé, on ne peut pas rouvrir la porte.

Il est donc impossible à toute personne de rouvrir une porte étanche sans la volonté expresse du commandant.

En effet, si quelqu'un voulait agir sur le volant à main d_1 calé sur l'axe c_4', il pourraitbien entraîner au moyen de la vis sans fin d_3 la roue d_4 et commencer à faire tourner l'excentrique b_3 qui actionne le cadre à verrous B. Mais, dès que la came D_2 aurait quitté le contact avec la roulette D_3, celle-ci, ramenée par son ressort antagoniste, rétablirait le contact électrique D_6; le courant qui vient par 7 serait alors rétabli dans le relais, lequel, à son tour, rétablirait le courant du moteur et, ce dernier, se mettant à tourner, ramènerait le cadre dans sa position primitive, équilibrant l'action du volant d_1.

Il est donc impossible, par suite d'une fausse manœuvre, qu'on puisse rouvrir la porte sans la volonté du commandant.

Au contraire, si le commandant ramène l'interrupteur dans la première position en coupant le courant de la source, il est alors facile, au moyen du volant d_1, de faire tourner la roue d_4 et son excentrique en déverrouillant le cadre.

Une fois les verrous sortis de leurs gâches, en continuant à tourner le même volant, on fera pivoter la porte sur ses gonds à volonté.

Dans le dispositif représenté par les figures 22-26, la commande de la porte étanche est obtenue au moyen d'un moteur électrique fixé à la paroi par l'intermédiaire d'une chaîne galle.

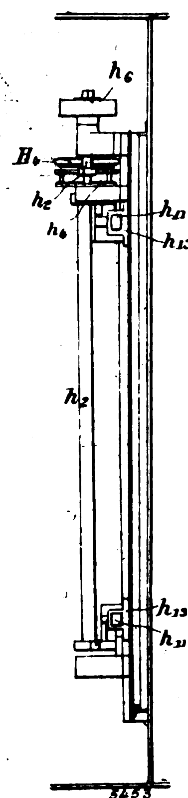


Fig. 26.

F_1 représente la porte mobile sur deux charnières f_1, f_1; F_2, le cadre cornière sur lequel elle vient s'appliquer.

H_1 est un moteur électrique à axe vertical commandant, par l'intermédiaire de son axe h_1 une roue dentée H_2. Cette roue engrène avec une chaîne galle H_3, qui vient commander une seconde roue dentée à axe vertical H_4, l'arbre de cette deuxième roue h_2 porte un pignon à une dent h_3, lequel vient engrener avec une roue croix de Malte h_4, dont l'axe h_5 est également vertical et parallèle à h_2; l'axe h_5 de la roue h_4 se prolonge à la partie supérieure et porte un pignon denté h_6 qui engrène avec un secteur circulaire à axe vertical h_7 ; ce secteur est fixé à la paroi.

L'arbre h_2 de la roue H_4 se prolonge à la partie inférieure sur la hauteur de la porte ; il commande le verrouillage formé par deux tringles horizontales h_{11}, h_{11} se terminant par deux verrous qui viennent s'engager dans des gâches h_{13}, h_{13}.

Les tringles h_{11}, h_{11} sont reliées à l'axe h_2 par l'intermédiaire d'un axe h_8 et de deux bielles h_9, h_{10}. La rotation de l'arbre h_2 communique donc aux tringles h_{11} un mouvement

alternatif. L'extrémité de la tringle h_{11} placée à la partie supérieure vient buter contre un contact électrique h_{12}.

Lorsque la porte est ouverte, comme dans la figure 22, et qu'on vient à lancer le courant dans le moteur électrique, ce dernier, par l'intermédiaire des roues H_2, H_4, de l'arbre h_2 et de la roue à une dent h_3, fait tourner la roue h_4, dent après dent ; pour un tour complet de

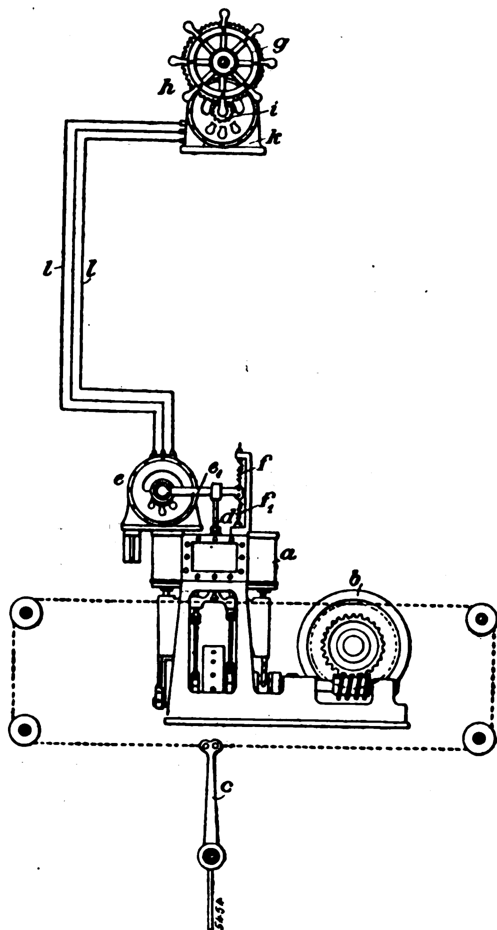


Fig. 27. — Commande de gouvernail Fiske.

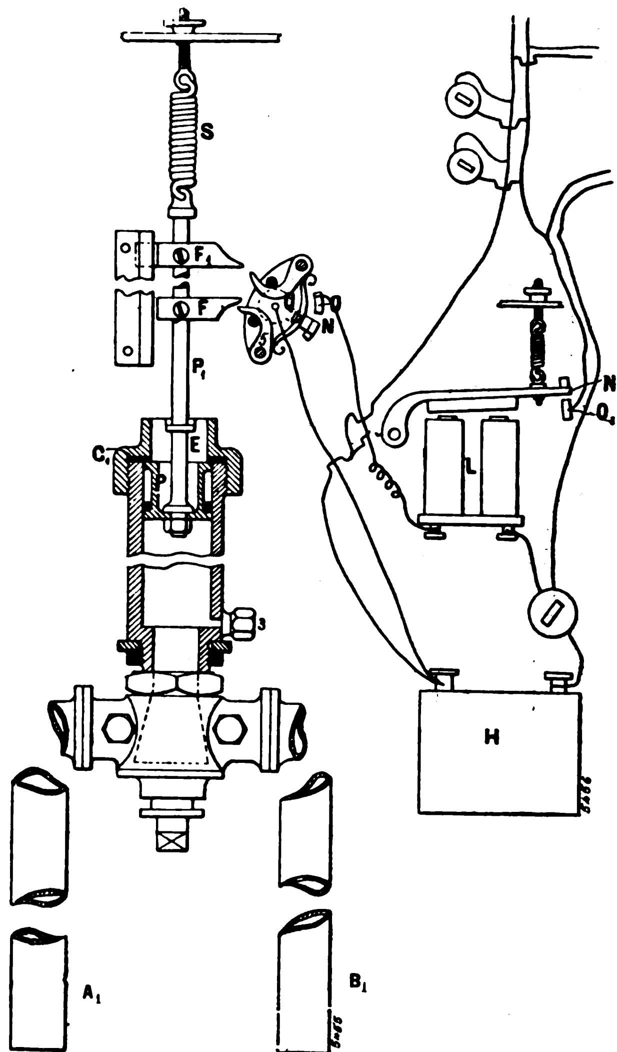


Fig. 28 et 29. — Modérateur Kerr.

l'arbre h_2, la roue à une dent h_3 fait avancer d'un cran la croix de Malte h_4 ; la porte se ferme ainsi par impulsions successives.

Lorsque la porte est fermée, la croix de Malte h_4 a achevé sa révolution ; elle a communiqué son mouvement, comme il est facile de le voir par l'arbre h_5 à pignon denté h_6 qui roule sur le secteur denté h_7. Au moment de la fermeture, l'arbre h_2 actionne par l'excentrique h_8 et les bielles h_9 et h_{10} le verrou h_{11}, lequel s'enfonce dans la gâche h_{13}.

La porte est donc verrouillée sitôt fermée.

D'autre part, le verrou h_{11} en s'enfonçant dans sa gâche vient ouvrir le contact électrique h_{12} et il rompt le courant envoyé dans l'électromoteur.

Pour ouvrir la porte, il suffit alors d'envoyer le courant dans le moteur électrique, dans le sens contraire, à l'aide d'un contact placé sur le commutateur et non figuré sur le dessin.

Le moteur tournant en sens contraire commence par ouvrir le verrou, puis agit sur la croix de Malte, fait tourner le pignon h_6 et ramène la porte dans sa position d'ouverture.

La *commande électrique de gouvernails* récemment imaginée par l'ingénieur de la marine américaine Fiske, et exploitée par la Western Electric C°, de Chicago, est remarquable par sa simplicité.

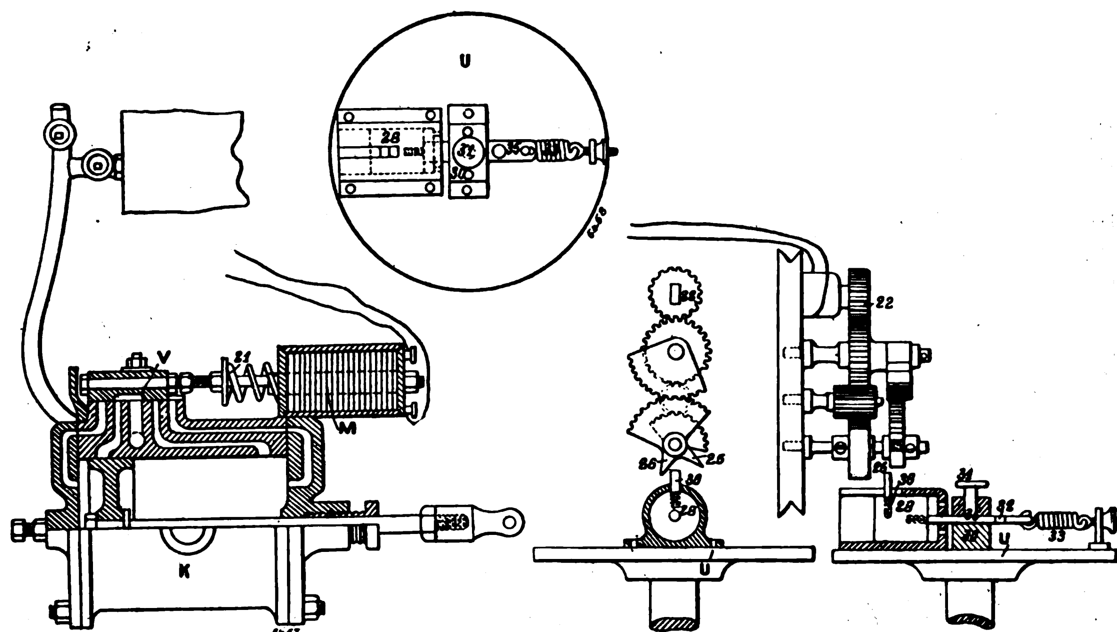


Fig. 30 et 31.

Le gouvernail g est (fig. 27) commandé par la machine à vapeur a et le renvoi b, avec valve de changement de marche d, rappelée dans sa position moyenne, ou de fermeture par les ressorts ff_1, et actionnée par le bras e_1 de l'armature du moteur triphasé e, relié en ll à la génératrice k, que la roue de timonerie g commande par les pignons h et i. La dynamo e suit le sens du mouvement de la rotation de la génératrice k, et d'autant plus vite qu'il s'accélère davantage ; puis, dès que k s'arrête, e s'arrête aussi, et les ressorts ff_1 ramènent d à sa position de fermeture, maintenant g dans la position où l'a amené e.

L'on a proposé de nombreux systèmes d'appareils électriques destinés à *empêcher l'emballement des machines marines* quand leurs hélices sortent de l'eau ; le dispositif de M. A. Kerr, représenté par les figures 28 et 29, est, comme la majorité de ces appareils, fondé sur le principe de celui de Dunlop, qui consiste à faire agir, sur leur prise de vapeur ou leur distribution, la pression même de l'eau de la mer sur un piston ou une membrane placée près de l'hélice, pression proportionnelle à l'immersion de l'hélice. Ici, cette pression agit, par l'eau des tubes A_1 et B_1 plongés près de l'hélice, sur un piston P, à garniture liquide en E, et qui, lorsque cette eau baisse par suite de la sortie de l'hélice, descend malgré l'antagonisme réglable du ressort S, de manière que le toc F, appuyant sur 5, tourne le commutateur Q, et ferme en NO le circuit de la pile H sur l'électro L, lequel

fermé en N_1O_1 le circuit de l'électro M (fig. 30). Ce dernier agit alors sur le tiroir V du relais à vapeur K, de manière qu'il ferme la prise de vapeur des machines.

Quand l'hélice replonge dans l'eau, la pression correspondante sous P le soulève, et, par F_1 rompt le contact NO et le circuit de M qui laisse le ressort 21 rappeler V à sa position normale correspondant à la réouverture de la prise de vapeur.

En outre, un plateau U (fig. 31) tournant avec l'arbre de la machine, porte une masse 28, qui, dès que la machine s'emballe pour une raison quelconque, la rupture d'une hélice, par exemple, s'excentre par sa force centrifuge, malgré le ressort 33, et vient, par 36, repousser le taquet 26, qui, par le train de pignons indiqué, tourne le commutateur 22 de

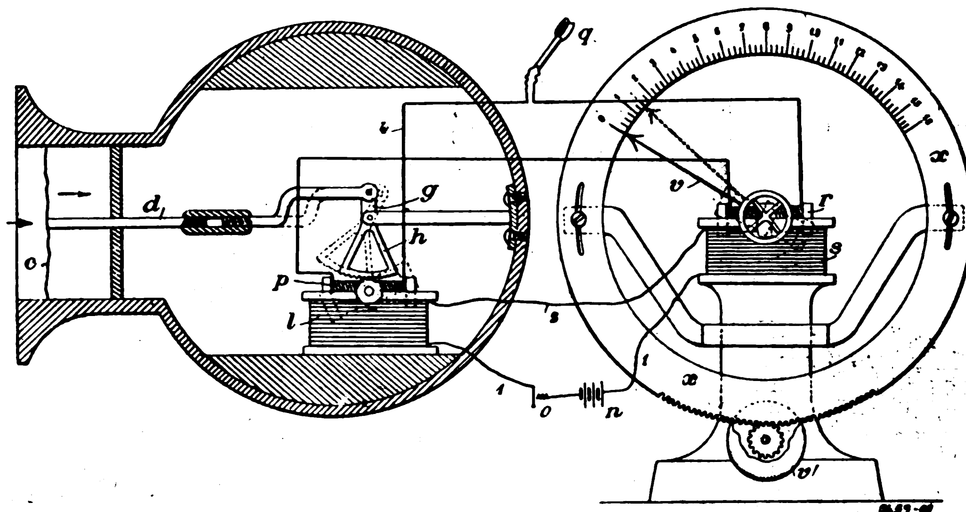


Fig. 32. — Loch électrique Schultze.

manière à exciter l'électro M et à fermer la prise de vapeur; puis, si l'accélération de la machine dépasse une certaine limite, le trou 32 de la tige de 28 vient sous la clavette 31, qui s'y engage, de sorte que la prise de vapeur ne puisse plus se rouvrir que par l'intervention du mécanicien. Si, au contraire, après une accélération temporaire, la machine se ralentit par trop, le toc 36 vient repousser la palette 25, qui, par son train de pignons, fait tourner 22 de manière qu'il rouvre la prise de vapeur en rompant le circuit de l'électro M.

Le *loch électrique* de M. Schultze, de Berlin, est fondé sur un principe ingénieux, mais d'une application peut-être délicate.

La membrane *c* (fig. 32), placée à l'avant du navire et plongée dans l'eau, en reçoit une pression fonction de la vitesse du navire et fait, par la transmission *dgh*, s'incliner d'autant la bobine *p* dans le solénoïde *l*, parcouru par le courant du circuit *l2n*, à trembleur *o*. Ce circuit comprend un second solénoïde *s*, avec bobine *r*, semblable à *p*, et intercalé dans le circuit 4 de *p* et du téléphone *q*.

Tant que les bobines *p* et *r* ne sont pas exactement antiparallèles, comme en pointillés, l'on entend au téléphone *q* le bruit des interruptions *o*, et ce bruit cesse dès que l'on a amené, en tournant la roue *u*, la bobine *s* dans la position antiparallèle à *p*; l'aiguille *v* indique alors, sur le cercle *x*, la vitesse correspondante du navire. Un pignon *v'* permet de régler le zéro du cercle *x*.

G. Richard.

(*A suivre.*)

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

APPLICATIONS MÉCANIQUES

Démarrage des machines d'extraction électriques, par **C. Kœttgen**. *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 601, 10 juillet 1902.

Le démarrage des machines électriques destinées à l'extraction des produits de mines, est rendu très difficile, d'une part à cause des grandes puissances correspondantes (atteignant jusqu'à 1500 chevaux), et d'autre part à cause des énormes forces vives mises en jeu, et qui peuvent dépasser 1,5 million de kilogrammètres; de plus le démarrage et l'arrêt se répètent très fréquemment, les mouvements doivent être exécutés avec une grande précision, et en particulier le moteur doit être susceptible de petits déplacements très précis pour permettre la sortie successive des bennes placées aux différents étages de la cage d'extraction.

Si l'on se contente, comme dispositif de démarrage, d'intercaler des résistances dans l'induit pendant la période de vitesse variable, on obtient comme diagramme des pertes le triangle hachuré de la figure 1, établie en supposant la charge à soulever constante pendant tout le trajet, et le couple accélérateur égal au couple de levage. La vitesse obtenue est représentée par la ligne brisée *a b c d*, l'énergie totale dépensée par l'aire *a f e b c g*, dont la partie *a e f* est perdue inutilement dans des résistances. Pour de grosses machines et de grandes vitesses d'extraction (10 m/sec), cette perte est considérable.

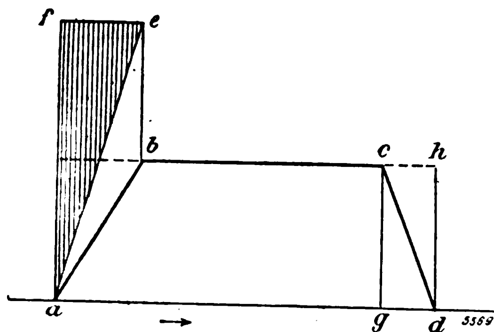


Fig. 1.

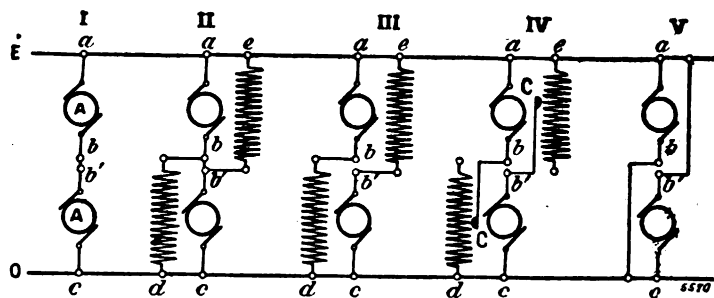


Fig 2.

L'auteur expose les différents procédés que l'on peut employer pour réduire ces pertes, et par suite aussi diminuer les frais d'établissement des résistances.

Etudions en première ligne le cas du courant continu.

On peut d'abord recourir à l'emploi de deux moteurs, avec montage successivement en série et en parallèle, comme dans le cas des tramways; il faut seulement prendre la précaution de ne pas couper un seul instant le courant dans les induits, ce qu'il est facile de réaliser avec le schéma de la figure 2 (D. R. P. n° 123711).

Ce dispositif a l'inconvénient de remplacer un seul moteur par deux moteurs de puissance moitié, ce qui est beaucoup plus coûteux, surtout lorsqu'il s'agit de moteurs tournant à de très faibles vitesses (30 à 60 t/m).

Un second procédé consiste dans l'utilisation d'une batterie d'accumulateurs : on divise la batterie en un certain nombre de groupes et on met en circuit, successivement, un, deux, etc. groupes, à mesure que la vitesse augmente.

On obtient ainsi un démarrage très régulier avec de faibles pertes, seulement comme les éléments intercalés les premiers sont beaucoup plus déchargés que les autres, il faut, à chaque voyage complet aller et retour de la cage, permuter circulairement les divers groupes, ce qu'on peut réaliser soit par un dispositif automatique (D. R. P. 104016), soit mieux tout simplement à la main, par l'entremise d'un ouvrier qui contrôle en même temps l'état de charge des éléments. Le dispositif est assez complexe, et présente de plus l'inconvénient d'exiger par groupe d'éléments, deux câbles venant de la batterie au commutateur, qui est placé forcément près du moteur.

***

Il arrive dans certains cas que le moteur doit successivement monter deux charges, une dans chaque sens : alors l'égalisation du travail des éléments s'obtient simplement en intercalant successivement ces éléments depuis un pôle jusqu'à l'autre pour le voyage dans un sens, puis du second pôle au premier pour le voyage dans l'autre sens. C'est ce qui se passe aux mines de Zollern II (Gelsenkirchener Bergwerks-A.-G.). La batterie est divisée en 4 groupes, donnant ainsi 4 valeurs de la vitesse ; on en obtient une cinquième par affaiblissement du champ, ce qui permet d'élever la vitesse de 16 m/sec à 20 m/sec, valeur admise pour la vitesse normale d'extraction : chaque cage porte 6 bennes, de 700 kgr chacune, soit 4 200 kgr de charge à lever. La figure 3 donne (parties hachurées) le diagramme des pertes avec ce dispositif, et l'on peut voir que les pertes sont réduites à 16 p 100 de la valeur du triangle primitif de la figure 1, avec simple rhéostat de démarrage.

Pour des vitesses d'extraction plus faibles, 12 à 15 m/sec, on peut se contenter de fractionner la batterie en deux groupes, avec en plus réglage

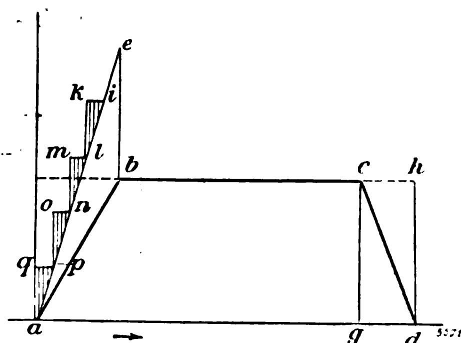


Fig. 3.

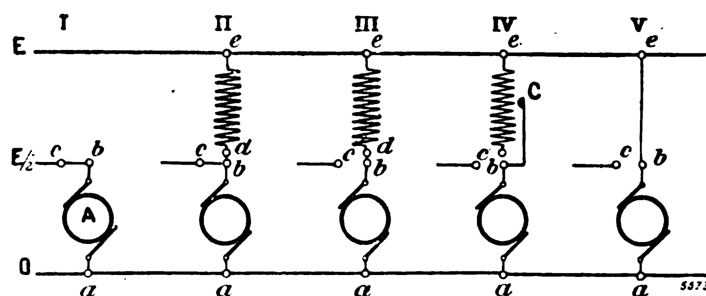


Fig. 4.

par affaiblissement du champ, et obtenir ainsi 6, 12 et 15 m/sec, la vitesse de 6 m/sec s'appliquant bien au transport des personnes.

A Zollern, on a isolé de plus, à chaque extrémité de la batterie faite pour 500 volts, un groupe de 50 volts, qui est utilisé pour les petits déplacements de la cage aux deux extrémités de la course (introduction et enlèvement des bennes aux trois étages de la cage), et aussi pour la visite périodique du puits. (Vitesse obtenue 1 m/sec).

Deux petits induits supplémentaires servent d'ailleurs à assurer la charge de ces deux groupes : le survolteur général de la batterie fonctionne sous 170 volts, et peut, le cas échéant, être employé pour donner une charge supplémentaire à un des 4 groupes de la batterie.

La figure 4 montre le dispositif employé pour éviter l'interruption du courant dans le passage d'une faible tension à une tension plus élevée ; d'ailleurs pour éviter qu'au moment du passage en vitesse d'un sens de marche à une autre, le moteur fermé sur un petit nombre d'élements ne donne naissance à un courant de freinage trop élevé, on a retardé le fonctionnement du commutateur de mise en circuit des éléments par rapport au rhéostat, de sorte que des résistances se trouvent alors ajoutées en série avec les éléments.

Le rhéostat doit supporter des courants atteignant 2 000 A ; les contacts sont obtenus au moyen de roulettes de cuivre sur plots en charbon (D. R.-P. 94 491) (fig. 5 et 6) ; la manœuvre se fait par l'air comprimé : le système pare-étincelles est constitué par un dispositif analogue au parafoudre à cornes.

Tous ces dispositifs présentent l'inconvénient de nécessiter la commutation de courants intenses, et par suite d'occasionner une usure considérable des contacts, en même temps que d'exiger l'emploi de dispositifs auxiliaires pour la manœuvre.

Pour éviter cet inconvénient, Léonard (D. R.-P. 77 266) a proposé l'emploi d'un transformateur de démarrage. Cet appareil consiste en une dynamo-génératrice, dont l'excitation indépendante (assurée par une source quelconque) peut varier dans des limites telles que la tension de la machine passe d'une valeur nulle à une certaine valeur maximum ; cette dynamo est com-

mandée par un moteur quelconque, machine à vapeur, turbine ou moteur électrique branché sur le réseau.

On peut disposer ce transformateur, supposé commandé par un moteur électrique, de différentes façons comme le montre la figure 7, où AAI et AAII désignent deux dynamos jouant, suivant le cas, le rôle de moteur ou de générateur, et FM la machine d'extraction (Fördermaschine).

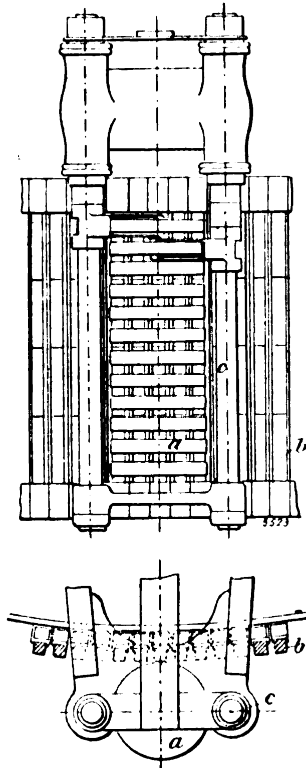


Fig. 5.

Dans le dispositif 7*a*, AAI fonctionne comme moteur branché sur le réseau, entrainant AAII comme génératrice ; on augmente progressivement, depuis O jusqu'à la tension du réseau, la tension de la dynamo AAII, qui commande le le moteur FM ; quand on est arrivé à la tension du réseau, on connecte directement FM sur le réseau.

Dans le dispositif 7*b*, l'armature à tension variable AAII est d'abord en opposition avec le réseau ; on diminue peu à peu sa tension, qui devient nulle, et alors on inverse l'excitation, la dynamo se trouve en série avec le réseau, et on augmente progressivement la tension jusqu'à ce que FM se trouve ainsi branché sous une tension double de celle du réseau, ce qui constitue la marche normale.

Le dispositif 7*c* est analogue ; seulement l'armature AAI est à trois fils, et trois lignes de balais, et l'armature AAII est connectée au balai

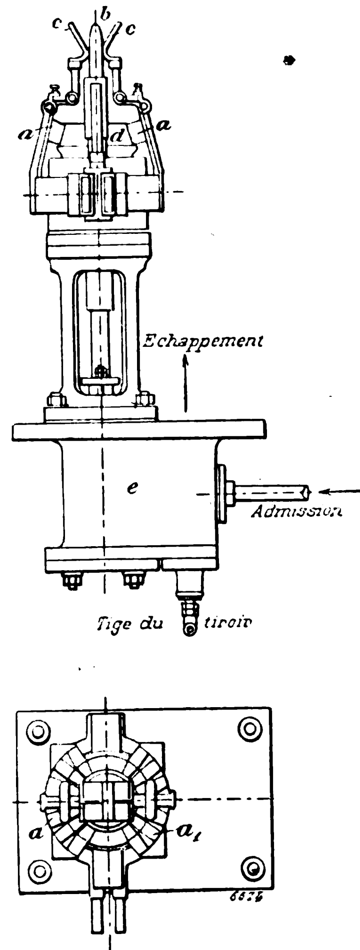


Fig. 6.

médian ; la marche est la même que pour 7 *b*, seulement quand la tension est devenue E, on peut alors supprimer AAI et AAII et connecter directement le moteur FM sur le réseau.

Dans le dispositif 7*d*, applicable à un réseau à trois fils, les deux armatures ont leur tension variable depuis o à $\frac{E}{2}$, demi-tension du réseau. Au début, AAII fonctionne comme moteur, AAI comme génératrice avec tension croissant de o à $\frac{E}{2}$; lorsque AAI atteint la tension $\frac{E}{2}$, on la

connecte au premier pont, et on supprime la connexion commune à $\frac{E}{2}$, puis on diminue la tension de AAII jusqu'à o, et à ce moment on branche directement le moteur sur les conducteurs extrêmes du réseau.

La partie inférieure de la figure 7 indique les constantes de fonctionnement pour ces différents schémas ; de plus la grandeur des cercles figurant les armatures donne une idée de la puissance qu'elles doivent pouvoir fournir.

Ces méthodes de démarrage avec tranformateurs présentent deux grands avantages, savoir la réduction des pertes à des valeurs très accep-

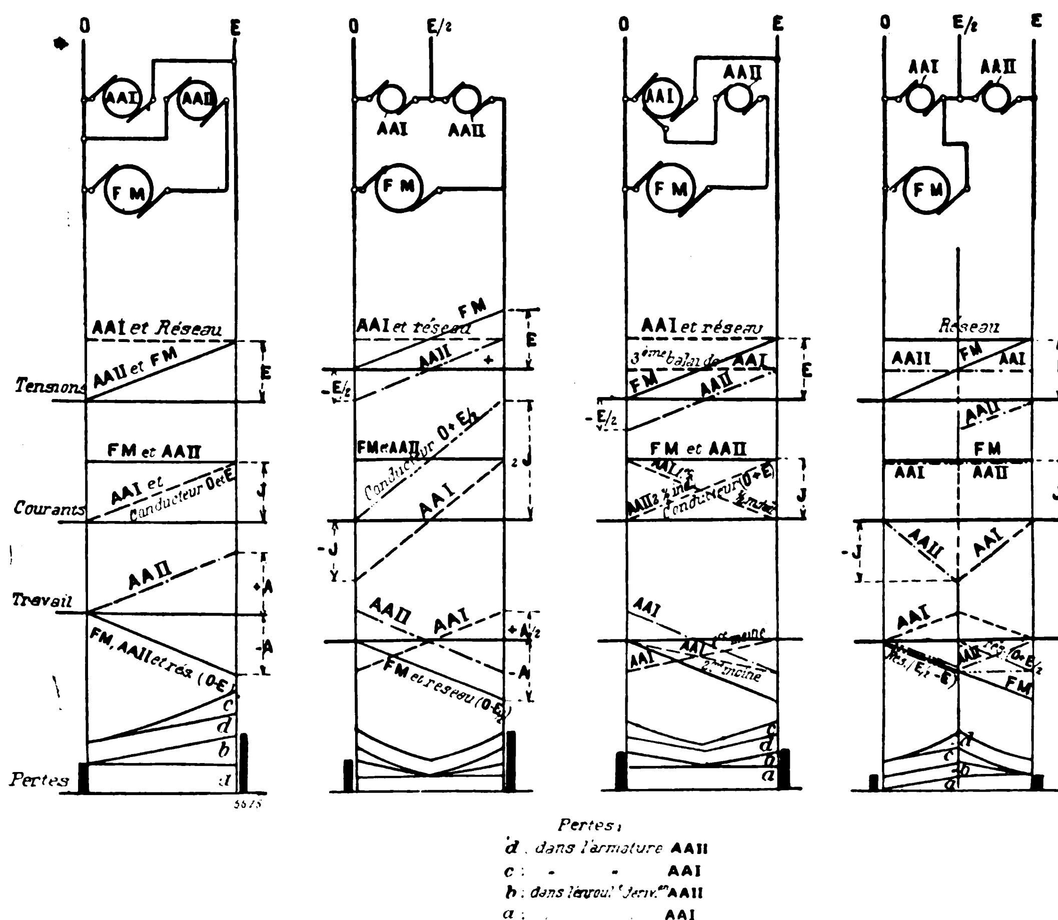


Fig. 7.

tables, même pour des démarrages effectués lentement, et l'économie réalisée sur l'entretien des appareils de réglage qui ne correspondent ici qu'à de faibles courants ; d'autre part, elles ont comme inconvénient la dépense d'acquisition des transformateurs qui doivent être particulièrement calculés avec soin, pour que le fonctionnement des collecteurs reste bon, malgré les énormes variations de l'excitation.

Un point extrêmement important dans les machines d'extraction, est d'arriver à emmagasiner assez d'énergie, pour pouvoir maintenir constante l'absorption d'énergie sur le réseau. On peut dans ce but utiliser les batteries d'accumulateurs en tampon, ou l'addition de volants soit sur la machine d'extraction elle-même, soit, quand il en existe, sur les tranformateurs de démarrage.

Si l'on veut adapter à une machine à vapeur d'extraction, un volant tremplissant ce but, pour de grosses machines, on arrive vite à des moments d'inertie de 3 à 5 millions de kgm², soit des poids de 100 tonnes : aussi est-il préférable

de monter le volant sur des dynamos tampon ou sur des transformateurs de démarrage à grande vitesse ; lorsque la tension s'abaisse, le volant entre en action et fournit de l'énergie au réseau.

On peut même faire travailler le volant sans que la tension s'abaisse : il suffit de provoquer une baisse de vitesse du moteur, soit en courant continu par renforcement du champ, soit en courants polyphasés, par augmentation du glissement au moyen d'intercalation de résistances dans l'induit. En provoquant un glissement de 8 à 10 p. 100, on permet au volant de rendre une quantité d'énergie considérable, et la perte qui en résulte dans l'induit est négligeable dans le cas des courants polyphasés.

L'application de ce procédé au schéma *7a* de montage avec un transformateur de Léonard a été brevetée par l'ingénieur en chef allemand Ilgner. A. M.

TRACTION

Projet d'électrification des chemins de fer suisses au moyen des chutes d'eau, d'après une étude de **M. Thormann**.

Les ressources offertes par l'énergie des chutes hydrauliques donnent un espoir de réalisation à un projet qu'il est fort difficile de poursuivre économiquement lorsqu'on ne dispose que de l'énergie du charbon : c'est la substitution de la traction électrique à la traction à vapeur sur les grandes lignes de chemins de fer.

La difficulté principale tient à la grande longueur de ces lignes et à la nature du service, qui ne comporte pas, comme celui des métropolitains, un grand nombre de trains légers, mais un nombre assez réduit de trains lourds et de grande consommation.

Le grand développement des lignes serait un inconvénient moindre si l'on pouvait disposer de points d'alimentation nombreux, mais il est impossible d'attendre d'un grand nombre d'usines à vapeur une consommation assez faible pour amortir, par les économies réalisées en exploitation, les dépenses considérables d'installation qu'elles comportent.

Les installations hydrauliques comportent également de grandes dépenses d'installation, mais elles offrent l'avantage d'une exploitation beaucoup moins coûteuse, puisque l'énergie utilisée provient de chutes, et que l'eau de ces chutes ne coûte rien. Aussi dans les pays riches en chutes d'eau la question est-elle, depuis quelque temps, à l'ordre du jour, et elle vient de prendre en Suisse et en Suède un caractère de précision très favorable, grâce aux études faites, de part et d'autre, par des ingénieurs qui font autorité en la matière.

L'étude du réseau suisse a été faite avec un soin particulier par M. L. Thormann, ingénieur à Zurich, auquel nous sommes redevables des chiffres suivants :

Longueur des lignes à transformer :

Nord-Ost-Bahn (¹).	809 km
Central-Bahn.	402 »
Gotthard-Bahn	275 »
Jura-Simplon-Bahn	927 »
Vereinigte Schweizerbahnen	278 »
Total	2 691 km.

Longueurs de voie simple à mettre en exploitation :

N-O-B	1 270 km
S-C-B	742 »
G-B	505 »
J-S-B.	1 233 »
V-S-B	367 «
Total.	4 137 km.

Les rampes ou pentes sont en général peu accentuées, comparativement au profil d'un certain nombre de lignes suisses à traction électrique.

Les chiffres du trafic ont été établis d'après l'année 1899 ; leurs valeurs en milliers de kilomètres-trains des différentes classes sont les suivantes :

	N-O-B.	S-C-B.	G-B.	J-S.B.	V-S-B.
Locomotives :					
en service	7290	4443	4233	8434	2290
en manœuvre	1034	1235	433	637	307
Nombre d'essieux km des trains de voyageurs	59000	38000	25000	67000	19000
Nombre d'essieux km des trains de marchandises	117000	86500	70000	135500	35500
Nombre de voyageurs-km	325000	191000	118800	319500	108500

Réduits en milliers de tonnes kilomètres, les chiffres du trafic sont, pour les services de voya-

(¹) Nous emploierons dans la suite les abréviations suivantes : N-O-B ; S-C-B ; G-B ; J-S-B ; V-S-B.

geurs et marchandises ceux du premier tableau suivant ; pour les services de manœuvre, ceux du second tableau.

	N-O-B.	S-C-B.	G-B.	J-S-B.	V-S-B.
Locomotives	312000	230000	270000	443000	103500
Matériel pour voyageurs	292000	187400	155000	306000	80888
Matériel pr marchandises et bagages	391000	320000	254000	480000	113000
Voyageurs	22700	13400	8300	22300	7600
Marchandises et bagages	197000	133400	143400	209500	53800
Total en milliers de tonnes-km	1215600	884200	830700	1460800	357900

	N-O-B.	S-C-B.	G-B.	J-S-B.	V-S-B.
Locomotives	44000	64000	27500	33200	14000
Wagons chargés	100000	123000	43000	63000	30000
Total en milliers de tonnes-km	144000	187000	70500	96200	44000
Totaux	1359600	1071200	901200	1557000	401900

Calcul de l'énergie nécessaire à la transformation. — Partant de la formule suivante pour calculer les résistances :

$$W = 2,4 + 0,001\, v^2,$$

l'auteur admet une vitesse de 60 km par heure, ce qui donne 6 kg environ par tonne. Il calcule alors, d'après les chiffres donnés ci-dessus, les résistances dues aux rampes et les résistances dues au roulement, pour lesquelles il trouve les consommations suivantes d'énergie exprimées en kilogrammètres par tonne-kilomètre :

	N-O-B.	S-C-B.	G-B.	J-S-B.	V-S-B.
Kgm rampes	2460	2700	4680	3550	2540
» résistance de roulement	4800	4560	4320	4500	4800
Kgm total. . . .	7260	7260	9000	8050	7340
Soit en chevaux-h.	0,0269	0,0269	0,0333	6,0298	0,0272

Le calcul de l'accélération à chaque départ de trains est fait d'après la formule :

$$\frac{m\,v^2}{2} = \frac{1\,000.\,14^2}{2 \times 981} = 10\,000 \text{ kgm.}$$

Après la majoration qui en résulte, les chiffres ci-dessus deviennent respectivement :

N-O-B.	S-C-B.	G-B.	J-S-B.	V-S-B.
0,0343	0,0343	0,0407	0,0372	0,0346

Evaluant, d'après la tonne kilométrique annuelle donnée plus haut, la consommation en milliers de chevaux-heure par an et en milliers de chevaux-heure par jour moyen, on a les valeurs des deux rangées ci-dessous :

N-O-B.	S-C-B.	G-B.	J-S-B.	V-S-B.	Total
46634	36740	36678	57920	13905	191877
127,7	100,6	100,4	158,7	38,1	525,7

Consommation actuelle de charbon. — Les consommations de charbon de l'année 1899 sont, d'après les statistiques résumées dans le tableau suivant :

	N-O-B.	S-C-B.	G-B.	J-S-B.	V-S-B.
Consommation de charbon en t	94670	62647	68400	103629	23442
Consommation en kg par t-km	0,069	0,0585	0,076	0,066	0,0585
Consommation en kg par ch-h	2,03	1,7	1,86	1,78	1,69

Conditions de la transformation. — L'auteur propose d'effectuer la transformation suivant l'expérience acquise dans des occasions similaires, et fait le calcul des dépenses que nécessiterait l'installation d'une grande usine centrale à courant alternatif triphasé, alimentant des sous-stations de transformation.

Il constitue des trains de 150 à 180 tonnes réparties à peu près comme suit :

3 voitures à voyageurs, à 4 esssieux. .	90 à 120 tonnes
1 » à marchandises	7 »
1 » de poste	7 »
Voyageurs 150 à 200.	10 à 15 »
Bagages et colis postaux.	10 »
Matériel électrique	20 »
Total.	144 à 179 tonnes

Il suppose la voiture motrice munie de deux moteurs de 200 chevaux, et dans ces circonstances, il analyse les dépenses, qui peuvent se résumer comme suit :

Prix des usines génératrices.	51 000 000 fr.
Canalisations	70 000 000 »
Prix du matériel roulant	40 000 000 »
Total.	161 000 000 »

Ces prix s'entendent comme prix de revient des travaux, dans l'hypothèse où ils seraient exécutés pour les Compagnies des Chemins de fer par l'État Suisse, qui se propose, ainsi qu'on le sait, de racheter à brève échéance toutes les lignes de chemin de fer.

P. Letheule

Considérations sur le choix d'un système de traction électrique sur le New York Central and Hudison River Railroad. *Revue générale des Chemins de fer et des Tramways*, 25e année, p. 370-373, décembre 1902.

Le New York Central Railroad a étudié les conditions dans lesquelles pourrait s'opérer la traction électrique de ses trains entre « Mott Haven Junction » et « Grand Central Station ». Cette ligne comprend 8,5 km à quatre voies et est le tronc commun par lequel les trains des trois lignes de chemins de fer de New-York, New-Haven et Hartford entrent dans New-York. Sur 4,15 km à partir de Mott-Haven Junction, la ligne est aérienne et passe sur un viaduc ; ensuite sur 3,3 km elle passe en tunnel sous la ville ; puis sort en tranchée sur 1 km pour aboutir à Grand Central Station qui a, à peu près, 13 km de voies de manœuvre.

On a, spécialement en vue de cette étude, relevé à l'aide d'un wagon-dynamomètre l'effort de traction des différentes catégories de trains qui circulent sur la ligne ; on s'en est servi pour construire un graphique donnant pour les différentes heures de la journée, la puissance totale (comptée aux prises de courant des locomotives) nécessaire pour la traction des trains et les manœuvres, dans l'hypothèse de la traction par des locomotives de 60 tonnes qui ont été reconnues suffisantes pour remorquer tous les trains circulant sur la ligne. Ce graphique montre que la puissance dépensée atteint près de 4 000 kilowatts entre 8 et 9 heures du matin et entre 5 et 7 heures du soir et que sa valeur moyenne journalière est de 1 800 kilowatts. On en conclut que la consommation annuelle d'énergie serait de 15 760 000 killowatts-heure environ. Le tonnage kilométrique de la ligne étant de 365 000 000 tonnes-kilomètre, la dépense de courant est donc de 43 watts-heure par tonne-kilomètre.

La partie la plus intéressante de l'étude est celle qui a trait à la comparaison, au point de vue du prix de revient, des différents types d'installation qu'il était possible d'adopter.

En ce qui concerne l'alimentation même de la ligne, on a écarté *a priori* le courant alternatif. Une première raison est fournie par la faible longueur du réseau à desservir ; de plus les arrêts étant fréquents, les démarrages doivent être rapides ; enfin, considération qui n'était pas à négliger, il s'agit d'une installation à faire de suite et les constructeurs américains ont l'habitude de la traction par courant continu et n'ont pas celle de la traction par courant alternatif. Il a donc été admis en principe que l'alimentation des locomotives serait faite par courant continu avec troisième rail.

En ce qui concerne la disposition de l'usine, sa position sur la ligne, l'emploi de courant continu ou de courants alternatifs pour la transmission, l'emploi de batteries d'accumulateurs, etc., douze systèmes ont été comparés. Le tableau ci-joint donne le résultat de cette comparaison [1].

Les projets 4 et 5 mettent en lumière la différence des frais d'exploitation résultant de l'emploi d'une ou deux sous-stations, les deux projets prévoyant une station centrale près de la rivière Harlem ; l'avantage en faveur du n° 5 provient uniquement de l'économie du personnel d'une sous-station.

Les projets 6, 7 et 8 ont été étudiés dans le but de se rendre compte si on aurait avantage à acheter le courant au lieu de le produire.

Les projets 9, 10, 11, envisagent l'emploi d'accumulateurs sur les locomotives afin de permettre les manœuvres de celles-ci sans qu'il soit besoin de munir du troisième rail toutes les voies de service ; les colonnes E et F montrent que ce que l'on gagne en frais d'établissement des conducteurs est compensé par le supplément des frais d'exploitation.

Le projet 12 ne diffère du projet 5 que par

[1] Les trois premières colonnes de ce tableau donnent les dépenses par kilowatt-heure : la colonne A en ne comptant que la dépense de l'usine (charbon, eau, huile, réparations et personnel) ; la colonne B en comptant en outre les dépenses des sous-stations et celles d'entretien des lignes et conducteurs; la colonne C en comptant toutes les dépenses, excepté celles relatives au matériel roulant, c'est-à-dire les dépenses aux prises de courant des locomotives définies comme ci-dessus et de plus les charges fixes suivantes : intérêt à 4 p. 100 de l'équipement (non compris les locomotives) et amortissement à 2 p. 100 des bâtiments, machines, etc.

Les colonnes suivantes donnent les dépenses par kilomètre de locomotive : la colonne D, la dépense d'exploitation (salaire du personnel de l'usine, des sous-stations et des trains, charbon, eau, huile, réparations, etc); la colonne E, les charges fixes par km-loco. (intérêt à 4 p. 100 de l'installation et l'amortissement à 2 p. 100 des bâtiments, machines et locomotives électriques); la colonne F, la dépense totale par km-loco. (somme des chiffres des deux colonnes précédentes).

PROJET	PARTICULARITÉS DU SYSTÈME	A DÉPENSE d'exploitation par kw-h au tableau de l'usine.	B DÉPENSE d'exploitation par kw-h aux prises de courant des locomotives	C DÉPENSE totale par kw-h aux bornes des locomotives	D FRAIS d'exploitation par kilomètre de locomotive.	E INTÉRÊT et amortissement par kilomètre de locomotive.	F DÉPENSE totale par kilomètre de locomotive.
		fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
1	Station centrale à courant continu au milieu de la ligne, à proximité des voies. Conducteurs alimentés à 600 volts. Pas de batterie	0,0231	0,0311	0,0549	0,4512	0,2179	0,6630
2	Comme le n° 1, mais avec batterie à la station centrale.	0,0244	0,0342	0,0589	0,4715	0,2159	0,6875
3	Comme n° 1, mais avec sous-stations d'accum. près des extrémités de la ligne.	0,0246	0,0346	0,0621	0,4731	0,2333	0,7065
4	St. cent. à cour. alt. près du milieu de la ligne avec sous-stations de transf. à chaque extrémité. Cour. altern. à 11 000 v.; cour. cont. à 600 volts	0,0296	0,0370	0,0666	0,4892	0,2439	0,7332
5	St. cent. à cour. alt. et à cour. cont., à Harlem-River, près d'une extrémité de la ligne et sous-st. de transf. à l'autre extrémité. cour. alt. 11 000 v.; cour. cont. 600 v. . . .	0,0295	0,0345	0,0616	0,4731	0,2311	0,7042
6	Energie achetée à la sous-station de Manhattan-Railway, située près du milieu de la ligne. Cour. cont. 600 v.	0,1295	0,1372	0,1423	1,1149	1,0930	1,2080
7	Energie achetée à la sous-station de Manhattan à 11 000 v. alt. (2,5 centimes de moins par kw-h que le cour. cont.). Sous-st. de transf. au milieu de la ligne	0,1295	0,1210	0,1299	1,0139	0,1361	1,15
8	Comme le n° 7, mais avec deux sous-stations de transf. aux extrémités de la ligne	0,1087	0,1210	0,1297	1,0139	0,1265	1,1404
9	Comme le n° 5, mais avec batteries sur les locomotives chargées par le courant d'alimentation	0,0269	0,0325	0,0582	0,5336	0,2497	0,783
10	Comme le n° 7, mais avec batteries sur les locomotives	0,1098	0,1243	0,1296	1,10725	0,1313	1,2385
11	Comme le n° 6, mais avec batteries sur les locomotives	0,1295	0,1418	0,1420	1,2170	0,0808	1,2978
12	Comme le n° 5, mais avec batteries à l'usine et dans la sous-station. .	0,0285	0,0401	0,0691	0,5005	0,2520	0,7606

une légère réduction de la puissance des transformateurs de l'usine et des sous-stations et l'emploi de batteries d'accumulateurs, chacune de celles-ci étant d'une capacité suffisante pour pouvoir, avec une partie seulement des machines de l'usine et des sous-stations, supporter pour un instant, toute la charge de la ligne en cas d'à-coups. L'accroissement de dépense d'établissement et la légère augmentation de frais annuels du projet 12 par rapport au projet 5 paraît de peu d'importance en comparaison des avantages que présente l'emploi de batteries pour la sécurité et la régulation. Aussi le projet 12 a paru devoir être particulièrement recommandé.

On a également comparé la traction électrique à la traction à vapeur. On a supposé que les locomotives électriques seraient conduites par deux mécaniciens aussi expérimentés et recevant le même salaire que ceux des locomotives à vapeur. Cette hypothèse est peu favorable, un seul mécanicien pouvant suffire ; et il est bien probable que, lorsque la ligne sera équipée électriquement, l'emploi de voitures motrices permettra de réaliser l'économie d'un mécanicien. Quoiqu'il en soit, même dans l'hypothèse de

deux mécaniciens par train électrique, la dépense par kilomètre-locomotive est légèrement inférieure pour la traction électrique (0,7606 fr) que pour la traction à vapeur (0,7786 fr). Ces chiffres comprennent :

	Vapeur	Electricité
1° Dépenses d'exploitation par km-loco. non comprises les charges fixes, mais y compris l'eau, les salaires, la réparation du tunnel et tous les frais de conduite des locomotives	0,7422	0,5085
2° Intérêt et amortissement par km-loco., en comptant qu'il faut actuellement 40 locomotives à vapeur et que 33 locomotives électriques feraient le même service	0,0364	0,2520
	0,7786	0,7606

DIVERS

Le choc des ions agissant comme ionisant: son rôle dans les expériences récentes, par **J. Stark.** *Drude's Annalen*, t. VIII, p. 815-829, août 1902.

Dans plusieurs séries d'expériences récentes sur le passage du courant dans les gaz, il s'agissait de phénomènes intermédiaires entre le courant autonome (n'empruntant que les ions qu'il a libérés lui-même) et le courant non autonome (mettant en jeu les ions libérés par une autre cause). Dans ces courants mixtes, des ions sont produits par un ionisant extérieur et à leur tour ces ions soit les positifs, soit les négatifs donnent par leurs chocs contre les particules neutres naissance à d'autres ions.

Tant que la force électromotrice n'est pas très grande, le nombre des ions qui se neutralisent par suite du passage du courant est petit vis-à-vis du nombre des ions produits par la cause extérieure pendant le même intervalle de temps: le degré d'ionisation du gaz est à peu près constant et indépendant de l'intensité du courant. Celle-ci croît donc d'abord comme la différence de potentiel entre les électrodes. Mais si l'intensité croît, le courant en raison de ses effets électrolytiques, provoque la diminution du degré d'ionisation et, par suite, de la conductibilité du gaz. L'intensité croît alors moins vite que la différence de potentiel. A un moment donné, si le nombre des ions détruits par l'effet du courant est égal à celui des ions que produit la cause extérieure dans le même temps, on a l'intensité de saturation, qui est désormais indépendante de la différence de potentiel. Dans ces conditions, il est aisé de voir que cette intensité de saturation se produira pour une différence de potentiel d'autant plus grande que la cause extérieure fournira au gaz plus d'ions pendant l'unité de temps.

En faisant croître encore davantage la différence de potentiel, on arrive à une valeur telle que l'intensité recommence à croître. Ce résultat montre qu'un autre ionisant agit maintenant sur le gaz : cet ionisant, c'est le choc des ions en mouvement sur les particules neutres. Il faut que la chute de potentiel dans le gaz le long du trajet moyen des ions soit égale à la tension d'ionisation. Le courant est alors mixte, en partie autonome, en partie non autonome.

Le courant deviendra mixte, pour une différence de potentiel d'autant moindre, toutes choses égales d'ailleurs, que le trajet moyen des ions est moindre, c'est-à-dire que la pression du gaz est moindre ou que dans les conditions de l'expérience la chute de potentiel dans le gaz est plus rapide.

Il existe une différence caractéristique entre le courant mixte et le courant purement autonome. Dans le premier, en dehors de la cause étrangère, n'agissent comme ionisants que les ions d'un signe déterminé, par leurs chocs : le courant cesse donc en même temps que l'action étrangère. Dans le courant autonome (décharge par les pointes, aigrettes, lueurs), les ions des deux signes agissent comme ionisant. La région dans laquelle les ions positifs sont l'ionisant fournissent les ions négatifs à la région dans laquelle ceux-ci jouent le rôle d'ionisant et réciproquement.

En observant la différence de potentiel pour laquelle le courant autonome se change en courant mixte, il est possible de déterminer la tension d'ionisation. Suivant les cas, cette tension est égale à la différence de potentiel, ou elle lui est inférieure.

Les résultats des expériences de Towsend, de Stoletow, de Lenard, de Kreusler, de von Schweidler, de Mac Clelland, de Kirkby s'interprètent facilement dans cet ordre d'idées.

M. L.

Influence de la température sur l'ionisation par le choc des ions, par **J. Stark.** *Ibid.*, p. 829-842.

Dans un gaz parcouru par un courant élec-

trique, la vitesse moyenne des ions est plus grande que celle des molécules neutres. En considérant les ions dont la vitesse est suffisante pour provoquer l'ionisation par leurs chocs, on doit attribuer aux ions positifs une vitesse environ 100 fois plus grande et aux ions négatifs une vitesse 1 000 fois plus grande que la vitesse moyenne des molécules gazeuses neutres à la température considérée. Par conséquent, ces dernières peuvent être regardées comme immobiles par rapport aux ions.

Pour une pression constante du gaz, le trajet libre moyen des ions (qui peuvent provoquer l'ionisation) est à peu près proportionnel à la température absolue ; il ne dépend que de la densité du gaz que cette densité soit obtenue par une élévation de température ou par une diminution de pression.

Une élévation de température entraine aussi une diminution du travail d'ionisation et, par suite, de la tension d'ionisation ; mais cette diminution n'est pas bien considérable tant que la température n'atteint pas le rouge vif.

Si on laisse de côté cette action de la température, il en reste une autre, due à l'influence de la température sur le trajet libre moyen des ions. Si ce trajet libre augmente, la chute de potentiel entre les deux extrémités, pour une même valeur du gradient, devient plus grande, ou encore atteint la même limite pour une valeur du gradient plus petite. Donc la valeur du gradient nécessaire pour que les ions en mouvement acquièrent le long de leur trajet moyen l'énergie suffisante pour provoquer par leur choc l'ionisation des molécules neutres, diminue quand la température s'élève (à pression constante).

En même temps, l'absorption de l'énergie cinétique des ions décroît, par suite l'ionisation et la luminescence du gaz. En particulier, la diffusion des rayons cathodiques dans un gaz à pression constante décroît quand la température s'élève ; dans un gaz dont la densité est maintenue constante, elle est indépendante, dans de larges limites, de la température.

A pression constante, la différence de potentiel initiale de la décharge autonome décroît quand la température de l'électrode augmente ; à volume constant, elle est indépendante de la variation de température. La différence de potentiel minima varie aussi dans le même sens, quand on élève la température de la région où se produit l'ionisation. C'est, en effet, ce qu'ont montré les expériences d'Oberbeck et celles de Bichat, et aussi, dans le cas de la décharge par les pointes, celles de Warburg.

Comme la différence de potentiel explosive est une différence de potentiel initiale au sens où on l'entend ci-dessus, elle doit être aussi indépendante de la température dans un gaz maintenu sous volume constant; Harris et Cardani ont trouvé cette loi par l'expérience.

Si la pression est maintenue constante, tandis qu'on élève la température, la différence de potentiel initiale doit diminuer; la diminution doit être la même, si en laissant la température constante, on amène la densité du gaz par l'abaissement de pression à la même valeur. Divers expérimentateurs ont vérifié ce fait (Heydweiller, Borgesius, Macfarlane, Baille, Gandolfi). Il suffit d'ailleurs d'une élévation de température localisée à la surface de l'électrode pour abaisser la différence de potentiel explosive (Herwig, Macfarlane, Wesendonck) ; ce qui est conforme à la présente théorie.

Dans la lumière positive, la pression p du gaz et le gradient de potentiel $\frac{dV}{dx}$ sont liés par la relation :

$$\frac{k}{p}\frac{dV}{dx} = \text{const.}$$

où k désigne une constante. On en déduit que dans la lumière positive, le gradient est inversement proportionnel à la température absolue, quand la pression est maintenue invariable. A volume constant, le gradient est indépendant de la température. A pression constante, une élévation de température entraîne l'augmentation du trajet libre moyen des ions négatifs et par suite une diminution du gradient. Ces deux faits sont établis par les expériences de G.-C. Schmidt.

En chauffant seulement une portion de la lumière positive, on provoque, dans cette région une diminution du gradient (Stark). S'il existe des stratifications, en élevant la température de l'une d'elles, on augmente sa longueur, parce que la densité du gaz diminue et par suite le trajet libre moyen des ions augmente : la luminescence diminue en même temps que l'absorption de l'énergie cinétique des ions.

La longueur de la couche de lueur négative augmente quand on élève la température au voi-

sinage de la cathode, en laissant constantes la pression du gaz et la chute de potentiel à la cathode.

La surface recouverte sur la cathode par la lueur négative et la longueur de la région cathodique obscure augmentent quand on chauffe le gaz au voisinage de la cathode.

La chute de potentiel cathodique normale est dans de larges limites indépendante de la température comme elle l'est de la pression. La chute anormale croît rapidement au contraire quand on diminue la pression du gaz à température constante. Sous pression constante, elle croît avec la température en raison de la diminution de la densité (expériences de Stark).

Il résulte de ce qui précède que dans les expériences où on veut étudier les différences de potentiel, explosives, initiales ou minima, il faut considérer non seulement la température initiale, mais tenir compte de l'élévation de température provoquée par le passage du courant. M. L.

Oscillations dans les tubes de métal, par **R.-H. Weber**. *Drudes Ann.*, VIII, p. 721-752, août 1902.

Dans les tubes de métal, on ne peut *a priori* supposer les oscillations symétriques par rap-

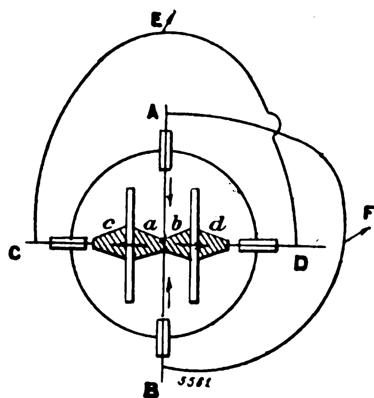


Fig. 1.

port à l'axe du cylindre, comme on le fait lorsqu'il s'agit d'un fil. La discussion rigoureuse dans le cas général se heurterait à de grandes difficultés.

L'intégrale générale de l'équation aux dérivées partielles de second ordre qui représente le phénomène s'exprime par les fonctions de Bessel J_0, J_1, J_n.

Le problème devient plus simple, si on fait quelques hypothèses restrictives. On supposera d'une part la conductibilité infinie, d'autre part, on admettra qu'au temps $t = 0$, la vibration est indépendante de la coordonnée axiale z.

En désignant par a le rayon intérieur du tube (l'épaisseur du métal est supposée infinie), par l la longueur d'onde, on a deux séries de solutions :

1°

$$l = \frac{2\pi}{\lambda_n^\nu} a \tag{1}$$

λ_n^ν représente la valeur de x pour la ν^e valeur extrême de $J_n(x)$.

2°

$$l = \frac{2\pi}{\gamma_n^\nu} a \tag{2}$$

γ_n^ν représente la ν^e racine de la fonction $J_n(x)$. L'équation (1) où n et ν peuvent prendre toutes les valeurs entières de 0 à ∞, représente deux séries de vibrations supérieures, qui ne sont

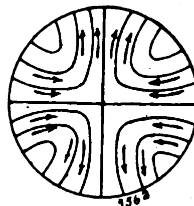


Fig. 2.

pas harmoniques. Ce sont celles qu'on réalise d'ordinaire.

L'équation (2) représente des vibrations obtenues en permutant dans les précédentes le vecteur magnétique avec le vecteur électrique. (Ces dernières n'ont pas encore été réalisées.)

A $n = 0$ correspond la vibration symétrique par rapport à l'axe. Dans ce cas :

$$l_0^1 = \infty$$
$$l_0^2 = \frac{2\pi a}{3,83} = 1,64\, a$$

Pour $n = 1$, on a les premières vibrations dissymétriques par rapport à l'axe ; qui ont été observées par von Lang, par Drude, par Becker.

$$l_1^1 = 3,415\ a$$
$$l_1^2 = 1,179\ a$$

Pour $n = 2$,

$$l_2^1 = 2,06\ a$$
$$l_2^2 = 0,936\ a$$

Une vibration axiale ne peut donner naissance à une onde : il faut que ce soit une vibration oblique par rapport à l'axe qui produise cette onde par des réflexions multiples sur les parois.

La longueur d'onde $l = 4a$ prévue par Drude ne peut se réaliser qu'entre deux plans parallèles.

Expériences. — Le dispositif expérimental est le même que celui de Becker, à cela près qu'un tube de zinc long d'un mètre environ est intercalé entre l'excitateur et le tube à interférences. Aux erreurs d'expérience près, on trouve les longueurs d'onde calculées. Des expériences comparatives, effectuées en supprimant les raccords cubiques, prouvent que ces raccords n'influent pas sur la longueur d'onde qui dépend seulement du diamètre du tube.

On peut obtenir aussi la première vibration supérieure $n = 2$ $\nu = 1$, en se servant d'un excitateur spécial [1].

L'expérience confirme les calculs théoriques.

La longueur d'onde mesurée dans un tube à section carrée est aussi celle que prévoit la théorie. Mais l'orientation du plan des deux tubes interférents par rapport au plan qui contient l'axe de l'excitateur et celui du cohéreur n'a aucune influence sur l'intensité des ondes. Avec un tube à section circulaire le cohéreur n'est plus du tout impressionné quand ces deux plans sont perpendiculaires. M L.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET TECHNIQUES

INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS

Séance du 20 mars 1902.

Les problèmes des chemins de fer électriques, par **J. Swinburne** et **W. R. Cooper**. *Journal of the Inst. of El. Eng.*, t. XXXI, p. 972-1057, n° de juin, 1902.

Dans cette étude très documentée, les auteurs passent en revue tous les problèmes que comporte l'état actuel et futur de la question des chemins de fer électriques. Ils y apportent des vues personnelles, dont l'intérêt est relevé par la discussion très intéressante à laquelle donne lieu cette communication ; nous donnerons de l'une et de l'autre une analyse aussi succinte que possible.

Le chemin de fer électrique s'est acclimaté, surtout sur le continent et en Amérique, depuis une dizaine d'années ; en Angleterre il s'est présenté surtout sous forme de chemin de fer tubulaire. On admet généralement que le système à potentiel constant des tramways est applicable au chemin de fer ; et les ingénieurs ne se préoccupent pas suffisamment de considérer les réseaux de chemins de fer dans leur ensemble. Outre l'uniformité de voie et de hauteur nécessaire pour le chemin de fer à vapeur, le chemin de fer électrique suppose l'uniformité dans la distribution, dans la tension, dans la fréquence et la nature du courant. Les auteurs se proposent surtout de faire ressortir l'intérêt de l'adoption d'une distribution en série, pour les petites et les longues distances. Les problèmes vitaux sont surtout ceux du démarrage et de l'arrêt ; et à ce point de vue la locomotive à vapeur est une machine admirable, en ce qu'elle fournit, sans grande dépense d'énergie, un couple de démarrage très intense et réglable en marche.

LIGNES URBAINES

Les lignes urbaines sont caractérisées par une charge très variable, le trafic atteignant son maximum de huit à dix heures, le matin et de cinq à sept heures, le soir. Une entreprise de chemin de fer électrique ne sera prospère qu'à

[1] Cet excitateur (fig. 1) est construit de manière que la répartition des lignes de force se rapproche le plus possible de celle que la théorie prévoit pour les vibrations à réaliser dans le tube (fig. 2).

Le fil AB traverse en deux points diamétralement opposés la paroi de zinc, dont il est isolé : il supporte en son milieu deux pièces de cuivre tronconiques *a*, *b*. Vis-à-vis de celles-ci s'en trouvent deux autres symétriques *c*, *d* reliées à l'extérieur par deux fils isolés C, D, et séparées des premières par des lames de verre de 1,5 mm d'épaisseur. En dehors du tube A et B d'une part, C et D d'autre part sont reliés par des fils. Les points E et F de ces fils communiquent avec les pôles d'un excitateur à boules.

Les longueurs d'onde sont mesurées au moyen d'un tube en T (Cf. Becker, *loc. cit.*).

condition que le trafic atteigne une grande capacité et pour cela, il faut procurer des facilités au public, et réaliser un service fréquent et rapide ([1]).

La méthode qui consiste à augmenter le nombre des trains est limitée par des raisons de sécurité; elle est dispendieuse en ce qu'elle entraîne un accroissement de matériel roulant, de station génératrice, de personnel, et que le capital immobilisé ainsi est inactif une grande partie de la journée.

Le meilleur moyen d'augmenter la capacité d'une ligne est d'accroître la vitesse des trains. La vitesse actuelle moyenne sur le « Central London Railway » est de 22 km à l'heure; les auteurs établissent que, en augmentant la vitesse des trains de 50 p. 100, les bénéfices croissent de 4,3 p. 100 à 5,76 p. 100 du capital, pour une demi année. Quoi qu'il en soit, l'augmentation de vitesse des trains, aux heures de trafic intense, est incontestablement un objectif à réaliser par tout entrepreneur soucieux de ses intérêts et de ceux du public, les auteurs examinent de quelle façon ce résultat peut être atteint.

Tout trajet se compose des périodes d'accélération, de vitesse plus ou moins constante, de ralentissement et d'arrêt dans les stations. La question des arrêts prend de l'importance quand les stations sont très rapprochées. Leur durée est de quinze secondes sur le « Central London Railway » ([2]).

Quant aux autres périodes du trajet, les auteurs l'étudient sous la rubrique :

ACCÉLÉRATION. — *Variation de l'accélération et de la vitesse maxima.* — Au point de vue de la rapidité du service, l'accélération et le ralentissement, de même que la vitesse maxima, doivent être aussi élevés que possible. L'accélération est limitée : 1° par le désagrément occasionné aux voyageurs; 2° par les dépenses d'énergie et de premier établissement, à la station et dans la distribution; 3° par le patinage. La vitesse maxima est de même limitée par l'accélération nécessaire pour l'obtenir; dans les parcours de faible durée, l'énergie dépensée en accélération est nécessairement de beaucoup la plus importante.

Les auteurs rappellent que les accélérations actuellement usitées, dans le ralentissement, parmi les compagnies de chemins de fer électriques américains, varient de 0,41 m à 1,44 m par seconde par seconde. Dans un rapport de F. Bramwell et E.-A. Cowper (1881) sur les freins continus, on indique une accélération de 1,2 m par seconde par seconde dans le ralentissement.

Si les ralentissements rapides sont assez usités, il n'en est pas de même des accélérations; la table suivante donnée par M. Potter ([1]) indique les principales accélérations usitées sur les chemins de fer américains.

COMPAGNIE	ACCÉLÉRATIONS EN MÈTRES par sec : après dix secondes	après vingt secondes	après trente secondes	après quarante secondes	OBSERVATIONS
Metropolitan Elevated	0,73	0,5.	0,45	0,39	Électrique
Lake street Elevated	0,555	0,455	0,345	0,31	Électrique
Alley Elevated. .	0,555	0,435	0,36	0,32	A vapeur
Illinois central. .	0,365	0,32	0,305	0,285	A vapeur
Manhattan Elevated	0,335	0.3	0,26	0,23	A vapeur
Special Test Gen. El. C°.	1,34	0,85			Électrique

Ces chiffres montrent que l'accélération est toujours moins rapide que le ralentissement, pour les chemins de fer à vapeur.

Pour l'électricité la rapidité de l'accélération est un grand avantage, les auteurs citent la ligne de « Nantasket Beach » (E. U.), où un parcours de 17 km avec 16 arrêts, est effectué en trente-six minutes, la vitesse moyenne étant de 39,4 km à l'heure, résultat impossible à réaliser avec la vapeur. Les stations sont éloignées de 950 m environ, la vitesse maxima est de 64,4 km à

([1]) L'auteur cite la ligne de Hartford-New-Britain (États-Unis) où la capacité s'est accrue de 400 p. 100, pendant les trois mois d'été, grâce à la réduction de 1,15 fr à 0,50 fr du prix du parcours.

([2]) Les auteurs pensent qu'on peut la réduire à 10 secondes en prévenant les voyageurs du nom de la station avant les arrêts et en disposant les voitures de façon que l'entrée et la sortie aient lieu de deux côtés opposés comme sur le Métropolitain de Paris.

([1]) *Street Railway Journal* t. XIII, p. 670, oct. 1897.

l'heure et l'énergie moyenne de 180 kilojoules par tonne-kilomètre. La vitesse maxima sur le « Central London Railway » n'est que 22,5 km à l'heure. Néanmoins, s'il n'y a pas d'inconvénient à adopter une accélération de 1 m ou plus par seconde par seconde au ralentissement, parce que les voyageurs sont assis à ce moment-là, une accélération de 0,8 m au démarrage oblige une personne debout à s'incliner de 4° 5 dans le sens de la marche pour conserver son équilibre; et pour réaliser des accélérations aussi élevées, sans inconvénient, il est nécessaire de faire croître progressivement cette accélération, au lieu de lui donner brusquement la valeur nécessaire.

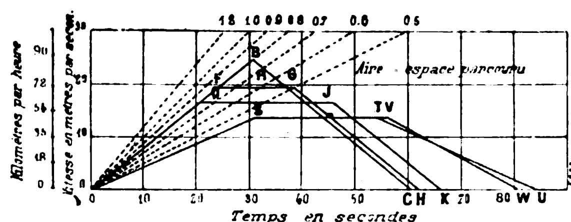


Fig. 1.

Pour mettre en relief l'effet de la variation de l'accélération, du ralentissement et de la vitesse maxima, les auteurs prennent l'exemple d'un chemin de fer tubulaire à 17 stations équidistantes, sur une ligne de 12 km. La station génératrice est supposée placée à une extrémité et le poids des trains de 100 tonnes.

La figure 1 indique les relations entre quelques-unes des grandeurs traitées; elle montre la durée du parcours suivant les accélérations et les vitesses adoptées ; tous les polygones ayant leur base sur l'axe des temps devant avoir la même aire égale à 750 m ($e = vt$). Avec le système d'accélérations OBC, la durée du parcours est de 60,8 secondes; avec OFRGH, elle est augmentée seulement d'une seconde et demie. L'énergie cinétique en B étant prise pour unité, elle est seulement de 0,633 le long de FG ; la perte de temps n'est que de 2 p. 100, tandis que l'économie d'énergie est de 37 p. 100 [1].

[1] En pratique, il n'est évidemment pas possible de réaliser un diagramme tel que OBC se composant uniquement d'accélérations positives et négatives. De même, il n'y a pas de vitesses constantes, mais des accélérations au palier ou des ralentissements en rampe; les diagrammes ne sont destinés qu'à établir une comparaison entre divers régimes moyens.

Dans la figure 2, le système ODE comportant une accélération de 0,8 m : sec : sec, et un ralentissementde 1 m : sec : sec donne lieu à une durée de 58,23 secondes pour le parcours; la vitesse maxima est de 93 km à l'heure, l'économie de temps de deux secondes et l'énergie requise est accrue de 13,5 p. 100. L'accélération est un peu plus forte à l'arrêt qu'au départ; elle le serait à peu près dans la proportion indiquée, si l'on

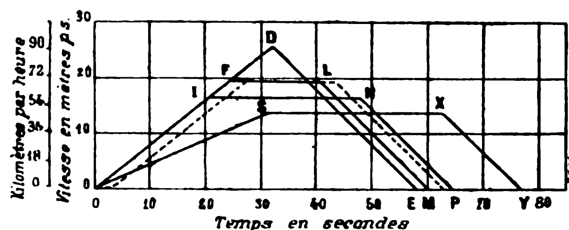


Fig. 2.

emploie le freinage électrique, le moteur marchant à pleine charge [1].

Les auteurs complètent cet aperçu en représentant par des courbes l'effet de la variation de l'accélération avec une vitesse maxima donnée, et l'effet de la variation de la vitesse, avec une accélération donnée, sur la durée du parcours.

Energie et puissance requises pour les grandes accélérations. — On sait que, pour un parcours et un temps donnés, l'énergie dépensée est d'autant moindre que l'accélération est plus élevée, par suite de la réduction de la vitesse maxima. Mais les auteurs considèrent le problème plus général de la détermination de l'effet produit sur la dépense de puissance et d'énergie, par la réduction de la durée du parcours, qui est, en définitive, le résultat à obtenir en pratique.

Avec une vitesse maxima donnée, en admettant que le train est abandonné à lui-même quand elle est atteinte, l'énergie est indépendante de l'accélération, l'énergie cinétique étant, par hypothèse, constante. Mais l'énergie varie comme le carré de la vitesse maxima, ce qui, à vrai dire, est de peu d'importance sur une ligne urbaine à grand trafic.

D'autre part, la puissance maxima varie pro-

[1] La figure 2 montre aussi la perte de temps occasionnée par l'adoption d'accélérations croissant graduellement au départ (ligne pointillée).

portionellement à l'accélération pour une vitesse donnée, et aussi à la vitesse maxima pour une accélération donnée, elle est donc proportionnelle au produit de l'accélération par la vitesse maxima. La figure 3 indique l'effet de l'augmentation de la vitesse de 30 à 50 km à l'heure. En faisant croître en même temps l'accélération de 0,4 à 1 m par sec : sec, le temps est réduit de

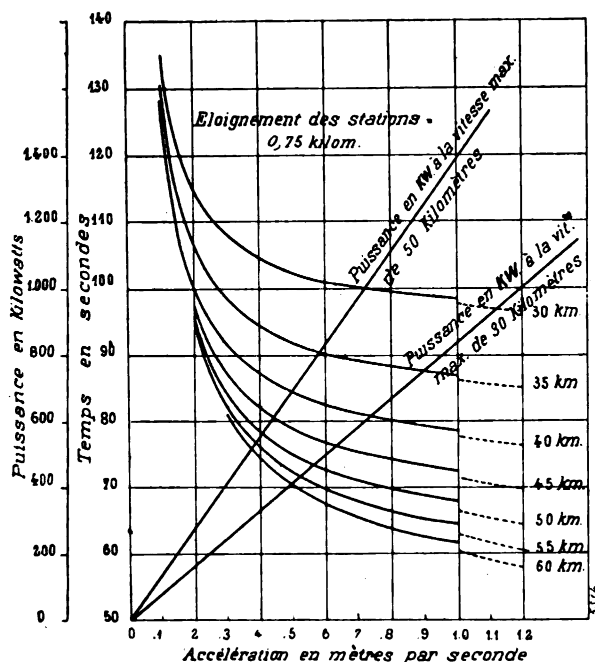


Fig. 3.

104 à 68 secondes, mais la puissance maxima croît de 330 kw à 1 390 kw. Les auteurs reconnaissent que de telles puissances sont inadmissibles, par suite de l'extension qu'elles entraîneraient pour le matériel de la station et de la distribution, et pour le poids des moteurs. Ils suggèrent l'idée de réaliser une économie en diminuant l'accélération à un certain moment, puisque la puissance est constante quand l'accélération varie en raison inverse de la vitesse ; il y aurait de ce fait une légère perte de temps qui peut être recouvrée, aux dépens de l'énergie, en admettant une vitesse maxima légèrement supérieure à celle d'abord admise.

Dans le cas où le trafic est peu intense, il y a deux méthodes pour économiser l'énergie requise par train-kilomètre; on peut ou bien réduire la vitesse maxima de moitié, par exemple, et en même temps la fréquence des trains, ou bien diminuer la longueur des trains. Puisque l'énergie varie comme le carré de la vitesse et comme la première puissance du poids des trains, la première méthode est plus économique que la seconde, mais encore faut-il disposer les moteurs pour fonctionner économiquement à la moitié de la vitesse. La seconde méthode est plus favorable à l'augmentation du trafic, parce qu'elle conserve la vitesse et qu'elle réduit l'usure du matériel; elle est particulièrement appropriée au système à unités multiples où la puissance motrice est en rapport avec la longueur du train.

Mais, de l'avis des auteurs, une grande économie est réalisée par le freinage électrique et la restitution de l'énergie à la ligne qu'il comporte. On peut, comme il a été dit, réduire la

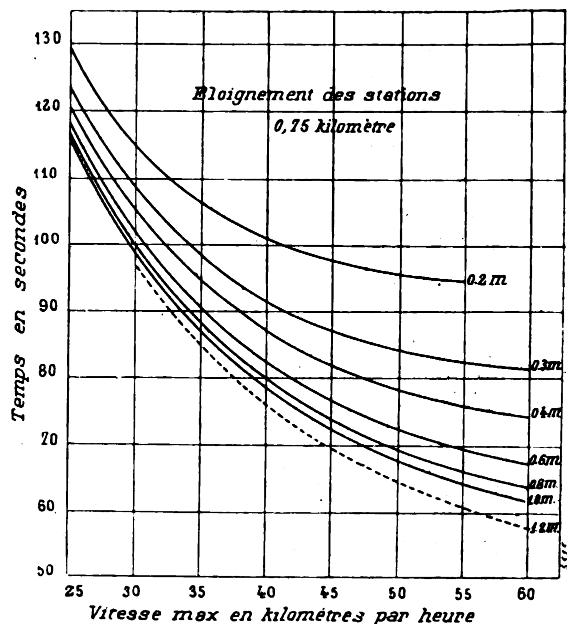


Fig. 4. — Courbes de variation de la durée du parcours et de la puissance en fonction de l'accélération pour diverses vitesses maxima.

puissance en réduisant progressivement l'accélération ; mais la dépense d'énergie et, par suite, l'importance de la station n'en seront pas moins très grandes, si on adopte des accélérations élevées, que les auteurs préconisent tout particulièrement. Et si on leur reproche cette tendance, parce qu'elle est favorable au système en série, ils chercheront à prouver que ces grandes accélérations peuvent être obtenues économiquement

et qu'elles sont appelées à entrer dans le domaine de la pratique [1].

La valeur pratique des accélérations élevées est démontrée par les essais récents effectués sur le chemin de fer élevé de Liverpool. La longueur total de la ligne est de 10,5 km, avec 17 stations. Le tableau ci-dessous montre les progrès réalisés par le nouveau régime récemment introduit. La durée du parcours a passé de 32 à 20,4 minutes. Le poids total du train est de 46,3 tonnes avec une capacité de 154 voyageurs, l'énergie requise a augmenté de 250 à 310 kilojoules par tonne-km, et le coût total pour la produire et la transmettre a été de 0,186 fr par train-kilomètre.

	ANCIEN SYSTÈME	SERVICE RAPIDE
Vitesse moyenne . .	20 km	31 km
Nombre d'arrêts . .	16	16
Arrêt aux stations .	11 secondes	11 secondes
Distance moyenne des stations	666 m	666 m
Watts-heure par train-kilomètre . .	69	85
Accélération au départ.	0,44 m par sec. par sec.	0,91 m par sec. par sec.
Accélération à l'arrêt	0,91 m par sec. par sec.	1,25 m par sec. par sec.

Les trains se composaient de deux voitures motrices et d'une troisième remorquée ; chacune des deux premières était équipée avec deux moteurs de 75 kilowatts. Les moteurs construits par les ateliers de Preston possédaient un rendement inusité de 93 p. 100 à pleine charge et leur poids était seulement de 25,4 kg par kilowatt. La figure 5 donne des résultats intéressants sur le parcours entre Brunswick Dock et Toxteth Dock.

Les auteurs se proposent ensuite de passer en revue les divers systèmes et leur adaptation au service urbain.

Tension. — La tension habituelle de 500 volts est trop peu économique ; les auteurs admettent 2 000 volts comme tension probable des chemins de fer électriques de l'avenir ; ils estiment que la question de sécurité est ici secondaire ; le public s'habituera à éviter les lignes électriques aussi bien que les voies ferrées actuelles.

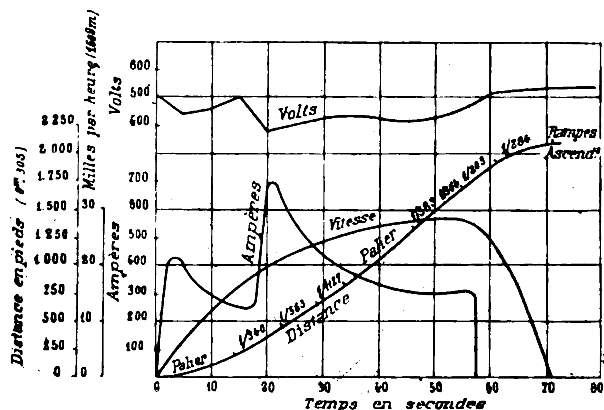


Fig. 5.

Chemin de fer urbain a tension constante. — Pour comparer les divers systèmes entre eux, MM. Swinburne et Cooper admettent comme accélération actuellement courante le chiffre de 0,4 m : sec : sec et prennent celui de 0,8 m : sec : sec comme l'accélération des trains rapides d'un avenir peu éloigné.

Ils examinent au préalable, le fonctionnement des moteurs actuels, et supposent que deux moteurs séries soient employés pour faire parcourir à un train le diagramme OFLM (fig. 2). La vitesse maxima est de 70 km à l'heure, et les moteurs sont enroulés de façon à présenter leur courant et leur force contre-électromotrice maxima à ce régime. La tension est supposée égale à 500 volts, en chiffres ronds, à cette vitesse et le courant normal de 3 200 ampères, soit 1 600 pour chaque moteur en parallèle. Le contrôleur est supposé construit de façon à maintenir *exactement* un courant de 3 200 ampères, et la résistance des moteurs est supposée négligeable. Dans la figure 6, l'axe des abscisses est celui des temps, l'axe des ordonnées sert à la fois pour les vitesses et les puissances.

Premier cas. — Au point O, le train (fig. 6) démarre avec les moteurs en série (500 volts,

[1] Le patinage est une difficulté que prévoient les auteurs ; mais la disposition des rails dans les chemins de fer tubulaires et l'adoption du système à unités multiples répondent à cette objection. On a, en outre, négligé la force de traction à vitesse constante comparée à la force nécessaire pour l'accélération ; en effet, avec une résistance au roulement de 4,5 kg par tonne, l'accélération ne serait diminuée que de 0,044 m par sec. Cependant, il a été prouvé que l'effort de traction augmente très vite avec la vitesse dans les tunnels à une seule voie, ce qui serait une objection à la forme à voie unique des chemins de fer tubulaires.

1 600 ampères) ; à moitié de la vitesse en A, les résistances sont supprimées, et la force contre-électromotrice est de 500 volts. OBCD représente l'énergie nécessaire pour réaliser la demi-vitesse ; OCD a été convertie en énergie cinétique, et OBC est l'énergie dissipée dans les résistances. A ce moment, les moteurs marchent en parallèle (3 200 ampères ou 1 600 kilowatts) ; l'énergie totale absorbée est représentée par l'aire DEFG, CEF est absorbée par la résistance. L'énergie dissipée au démarrage est donc de 1/3, et eût été de deux fois OBCD, soit 1/2, si les moteurs n'avaient pas été mis en série au début. Le train est ensuite abandonné à lui-même le long de SP ; puis les auteurs supposent que l'on applique le freinage électrique avec les moteurs en série donnant 1 000 volts et 1 600 ampères pendant la moitié de la période de freinage, soit une aire égale à OBCD et correspondant à la moitié de l'énergie cinétique du train. Le rendement total est donc de 50 p. 100.

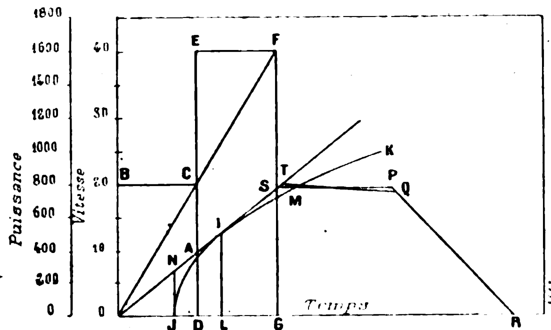


Fig. 6.

Deuxième cas. — La mise en marche peut être plus efficace en choisissant une vitesse moindre pour l'époque de la suppression de la résistance. Ainsi, si on ne touche pas au coupleur en S, le train s'accélère et cette accélération sera économique. Pour simplifier, les auteurs imaginent un moteur hypothétique sans résistance et possédant des champs de perméabilité telle que la tension varie comme le courant et comme la vitesse ; ils supposent que la vitesse normale des moteurs (500 volts, 1 600 ampères) soit disposée suivant LI (fig. 6). On démontre que la caractéristique d'accélération à tension constante de tels moteurs est une parabole cubique JIK ; tout le long de cette courbe, le rendement est égal à l'unité, parce qu'il n'y a pas de résistance perdue. Si OL est les 2/3 de OG, l'énergie jusqu'en ce point sera les 4/9 de l'énergie totale due à la vitesse GM et cette énergie sera obtenue avec un rendement des 2/3. Les autres 5/9 seront obtenus avec un rendement de 1. En prenant l'énergie cinétique pour unité, la première méthode implique comme énergie absorbée 1 1/2, dont 1/2 d'énergie perdue. La seconde implique 11/9 d'énergie absorbée, dont 2/9 seulement perdus ; le rendement est donc 0,82 ; mais il ne peut y avoir, étant donné l'hypothèse sur les moteurs, d'énergie restituée par freinage électrique. Mais les auteurs estiment cette deuxième solution hypothétique préférable, eu égard à la puissance de la station génératrice ; il leur semble en effet, préférable d'absorber une énergie totale constante de 1,2 (ou 11/9) sans restitution, que d'en absorber 1,5 et d'en restituer 0,5. Cette restitution suppose, du reste, des complications de matériel peu pratiques ; elle n'a d'ailleurs été admise en théorie, que pour attribuer aux systèmes actuels les hypothèses les plus favorables.

Troisième cas. — Les auteurs supposent que les moteurs-shunt soient disposés pour le freinage électrique à vitesse constante, et qu'ils soient enroulés, avec des champs faibles, de façon à posséder leur courant normal et leurs champs normaux pour le point I (fig. 6). A ce point de vue, les champs sont affaiblis de façon que le diagramme suive le chemin IM. Le diagramme correspondant au freinage sera pratiquement l'inverse de OIM ; de sorte qu'en prenant toujours l'énergie cinétique à pleine vitesse comme unité, les moteurs restitueront 5/9 le long de IM, et 2/9 le long de IN. Ils prendront donc 11/9 ou 1,2, restitueront 0,77 et utiliseront 0,44.

Quatrième cas. — Si un moteur-série est placé dans un circuit à courant constant, il n'est pas besoin de résistance de démarrage, et l'arrêt se produit simplement par le court-circuit. En ouvrant ce dernier, le courant constant passe dans le moteur, en y produisant un couple constant à toute vitesse, tant qu'on ne shunte pas le courant des inducteurs. Le coupleur ordinaire devient inutile et les pertes correspondantes sont supprimées. En outre, en renversant l'induit pendant la marche, ce moteur restituera, aux pertes près, toute l'énergie qu'il aura absorbée pendant la période d'accélération, puisque le courant et le couple restent les mêmes ; par

conséquent l'accélération au ralentissement restera la même et se maintiendra jusqu'à l'arrêt.

Les auteurs choisiront donc, comme cas le plus favorable au système à tension constante, le troisième cas examiné, bien que ce soit là un système purement hypothétique.

Trains rapides urbains a tension constante. — *Cinquième cas.* — Les auteurs considèrent ensuite le cas plus pratique d'un train à tension constante et fonctionnant suivant le diagramme OFLM (fig. 2). Les moteurs sont supposés en dérivation, avec des pertes de 4 p. 100 dans les inducteurs, de 4 p. 100 dans l'induit, et de 8 p. 100 dans les frottements ; soit un rendement de 84 p. 100 en marche normale. Le poids du train est de 100 tonnes, l'accélération de 0,8 m : sec : sec, d'où un effort de 8 150 kg. Au point I de la figure 6, on prendra comme temps 15 secondes, la vitesse correspondante étant de 12 m : seconde. La puissance est donc de $8000 \times 1200 \times 10^{-4} = 960$ kilowatts ; soit 480 ampères à 2 000 volts. On prendra 2,5 kg par tonne comme résistance du train, d'où une puissance de traction à la vitesse indiquée, de 30 kilowatts en chiffres ronds. En tenant compte du rendement, le train absorbera 1 178 kilowatts, ou 589 ampères à 2 000 volts. En parcourant le diagramme OI (fig. 6), les moteurs absorberont donc 589 kilowatts pendant 7,5 secondes et 1 178 pendant 7,5 autres secondes ; et l'énergie absorbée au point I sera de 13 250 kilojoules. Du point I à la pleine vitesse (19,45 m : seconde), il faudra fournir une énergie cinétique de 12 000 kilojoules, soit avec le rendement, 14 400 kilojoules. Les auteurs admettent encore 500 kilojoules pour la partie aplatie du diagramme, de sorte que l'énergie totale absorbée sera de 28 150 kilojoules, dont 18 900 d'énergie cinétique. En appliquant le freinage électrique, on récupèrera à peu près 9 600 kilojoules et pendant la moitié du ralentissement, 2 940 kilojoules. Donc, en prenant toujours l'énergie cinétique pour unité, on absorbera 1 1/2, on dissipera 5/6 et on récupérera 2/3, ce qui est à peu près le même résultat que pour le premier cas hypothétique.

Trains rapides urbains a courant constant. — Le système à courant constant fut proposé pour la traction, la première fois, par Fleeming Jenking, et employé autrefois pour les tramways. M. Blondel a repris cette idée récemment, mais elle ne semble pas avoir été appliquée depuis.

La figure 7 présente un schéma du système ; il exige deux conducteurs tout le long de la ligne divisée en sections ; à l'extrémité de chaque section il faut un commutateur pour la relier à la suivante ; toute section sur laquelle ne se trouve pas de train doit être mise en court-circuit [1].

Ce système présente les avantages suivants :

Le rendement est très élevé, eu égard aux pertes dans le contrôleur et à la récupération d'énergie.

Le couple est aussi constant qu'on le veut.

On peut le faire varier en shuntant les inducteurs ou en déplaçant les balais.

La manipulation est très simple, le coupleur est léger et peu coûteux ; on peut obtenir une variation du couple plus étendue en employant deux moteurs, placés en série au démarrage, puis l'un d'eux est mis en court-circuit, finalement les moteurs fonctionnent en parallèle, d'où des valeurs relatives du couple de 1, 1/2 et 1/4.

De plus, ce système réalise une grande économie de cuivre et le courant étant plus faible, la manipulation en est plus aisée.

Les hautes tensions sont plus faciles à manipuler ici qu'avec le courant alternatif, ce qui explique que les lignes de transmission de M. Thury vont jusqu'à 22 000 volts, et il n'y a pas de raison de s'en tenir là.

Le système comporte aussi quelques inconvénients, à savoir la difficulté d'isoler les sections du moteur, la nécessité d'un conducteur et d'un contact doubles, l'augmentation de la proportion des pertes en lignes pour les faibles charges, le courant étant constant ; mais dans un trafic intense, ce désavantage ne se présente pas.

Sixième cas. — Un train de ce système suivant le diagramme OFLM (fig. 2), on marchera avec deux moteurs en série jusqu'à la vitesse de 12 m par seconde, puis on marchera avec un seul moteur à demi-accélération ; ou bien l'on suivra exactement la même courbe que les moteurs shunt cités plus haut, en shuntant les inducteurs de façon à absorber la même puissance. En

[1] La figure représente deux trains T_1, T_2 ; le courant passe par B_4 et par les moteurs de T_2, puis par A_4, et de là par la section A_3 — B_3 en court-circuit, de là par B_2, les moteurs de T_1 et par A_2 et enfin par la section en court-circuit A_1 — B_1, il revient à la station.

reprenant les chiffres précédents, on voit que depuis le départ jusqu'à la vitesse de 12 m : seconde, le train absorbera 9550 kilojoules ; de 12 m à 19,5 m, il en prendra 14400, puis 500 pour la partie aplatie du diagramme, soit 24450. Au freinage, on récupérera 9600 kilojoules jusqu'à la vitesse de 12 m : sec, et 6000 jusqu'à l'arrêt, soit 15600. On absorbera donc 1,3, on dissi-

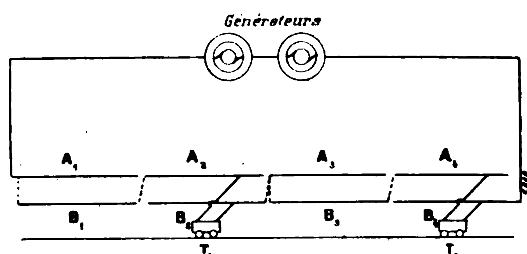


Fig. 7.

pera 0,49 et on récupérera 0,83. Ce système est donc supérieur même au système spécial en dérivation, mais ces conclusions sont à sanctionner par la pratique.

Septième cas. — La pratique actuelle exigerait des moteurs-série avec le système à courant constant, mais sans récupération ; l'absorption d'énergie serait de 1,5, soit 15 p. 100 de plus, la dissipation serait de 1,5, soit trois fois plus que dans le cas théorique précédent.

Station génératrice. — En ce qui concerne la station génératrice, le système à courant constant conduit à une installation bien moins coûteuse. Les dynamos sont enroulées en série et actionnées par des machines à couple constant et à vitesse variable. La puissance de la station est un peu supérieure à la moitié de celle que demanderait le système à tension constante. Il n'y a pas de surcharge ici ; si tous les trains démarrent à la fois, leur vitesse est simplement ralentie.

Trains urbains a faible vitesse. — *Huitième et neuvième cas.* — Les auteurs examinent enfin le cas de trains à faible vitesse, tels qu'ils existent actuellement avec une accélération de 0,4 m : sec : sec et à 500 volts. Les moteurs, dans le système à tension constante donneront leur force contre-électromotrice normale aux deux tiers de la pleine vitesse. La vitesse maxima étant de 43,2 km à l'heure, les moteurs seront construits pour prendre le courant normal à la vitesse de 8 m : sec. Le train absorbera 11 000 kilojoules entre les stations.

Pour le système à courant constant, la station pourra être bien moins importante, mais la distribution sera plus coûteuse.

Les auteurs résument les résultats de leur étude dans le tableau suivant :

Cas	Système	Puissance maxima	Puissance moyenne	Énergie absorbée	Dissipée	Récupérée
1.	Série avec freinage électrique. . .	1 550	210	1,5	1	0,5
2.	Série sans freinage électrique. . .	1 035	250	1,2	1,2	0
3.	Dérivation avec freinage électrique. .	1 035	84	1,2	0,4	0,8
4.	Série à courant constant avec freinage électrique. . .	10 35	0	1	0	1
5.	Service urbain rapide à tension constante	1 178	175	1,5	0,83	0,6
6.	Id. à courant constant. . .	1 178	104	1,3	0,49	0,83
7.	Service actuel de train rapide urbain . .	1 178	312	1,5	1,5	0
8.	Série à tension constante faible vitesse. . . .	404	116	1,5	1,5	0
9.	Courant constant faible vitesse . .	404	26	1,2	0,35	0,85

Grandes lignes.

Le problème des grandes lignes est tout a fait différent ; il y a, en effet, à s'occuper de trains de tonnage et de vitesse très différents ; en outre, la question des aiguillages et des garages introduit de grandes complications. Le capital immobilisé dans les chemins de fer anglais est de

70 300 francs par kilomètre de voie, soit dix fois moindre que celui du Central London Railway. En outre, sur les grandes lignes, le trafic par kilomètre de voie est bien moindre que pour un service urbain. Aussi, les auteurs estiment que la supériorité économique du chemin de fer électrique sur la locomotive à vapeur résidera surtout dans la réduction des frais d'exploitation, en ce qui concerne l'entretien de la voie (suppression du lacet) et l'usure (locomotive plus légère ou système à unités multiples). L'équipement électrique permettra aussi d'augmenter la puissance des trains du gabarit actuel.

L'économie d'énergie dans la période d'accélération et sa récupération au freinage ont une bien moindre importance ici. Le système en parallèle semble donc être le plus avantageux ; mais, dans les lignes à long parcours, il faut fournir la puissance maxima au moment de la plus grande vitesse, et à ce point de vue, le système en série à courant constant présente une solution parfaite du problème, avec les dispositions indiquées précédemment pour le réglage du couple.

Ce système est aussi plus avantageux en ce qui concerne l'emploi des hautes tensions. Avec des moteurs à 2 000 volts, et deux moteurs par train, on aura au moins 4 000 volts par convoi, et il sera certainement possible d'augmenter cette tension, en isolant convenablement le moteur du châssis (joint Raffard, etc.). De plus le système à courant constant supprimerait les sous-stations. En prenant un courant de 500 ampères on aurait 2 000 volts par train (1 000 kilowatts) ; avec une ligne à 8 000 volts à trois fils, dont le neutre à la terre, on aurait 4 000 volts sur chaque voie, et on pourrait faire marcher 4 trains sur chaque voie de chaque côté de la station. En adoptant une vitesse de 64 km à l'heure, avec un intervalle de vingt minutes entre les trains, on pourrait atteindre 85 km de chaque côté des stations, soit un espace de 170 km, entre les stations. Avec un chute maxima de 1 000 volts dans les conducteurs, une densité de courant de 0,75 ampères par mm^2, on est conduit, pour 500 ampères, à 6 tonnes de cuivre, ou une dépense de 18 000 fr par km.

MM. Swinburne et Cooper passent ensuite en revue les divers systèmes proposés ou déjà appliqués. Au système triphasé à tension constante, ils reprochent la nécessité de trois bagues collectrices, la vitesse invariable et la complication. Le courant alternatif simple à tension constante est bien séduisant pour les grandes distances. Les auteurs proposeraient d'absorber l'énergie dissipée au démarrage par une friction mécanique, le moteur marchant à sa vitesse normale. Aux arrêts, on laisserait les inducteurs tourner et on leur appliquerait un frein.

Dans le système Léonard, le moteur à courant alternatif actionne une dynamo à courant continu sur la voiture. Ce système fonctionne à vitesse constante, mais on obtient telle tension que l'on veut au moyen du réglage du champ.

En résumé, MM. Swinburne et Cooper ont eu surtout pour objet de montrer combien l'on se trompe en voulant traiter le problème des chemins de fer de la même façon que celui des tramways.

Le point capital dans la question des chemins de fer électriques est d'obtenir une vitesse variable, avec une tension constante, et la meilleure solution serait encore de réaliser un train d'engrenage à vitesse variable, mais il n'est pas aisé d'en construire qui soit approprié au service des locomotives. P.-L. C.

Séances des 10 et 24 avril 1902.

Discussion de la communication de MM. Swinburne et Cooper, sur les chemins de fer électriques. *Journal of the Inst. of El. Eng.*, t. XXXI, p. 1015-1057, juin 1902.

M. Alex. Dow rappelle l'exemple d'une ligne de tramways qui fonctionnait, il y a treize ans, avec le système en série à courant constant. La récupération d'énergie était parfaite au freinage, mais les balais de la génératrice demandaient une surveillance continuelle ; les autres opérations, telles que la commutation aux changements de section de la ligne, s'effectuaient très simplement, mais elles seraient certainement inapplicables sur un chemin de fer. M. Dow ne pense pas, comme le fait M. Swinburne, qu'on puisse se passer de résistance de démarrage dans un moteur-série. Quant aux pertes dans la période d'accélération, l'orateur constate que les auteurs de la communication ont perdu de vue l'usage actuel d'équiper les voitures avec quatre moteurs au lieu de deux, pour les services importants ; ce fait, en permettant de placer quatre moteurs en série au démarrage, réduit sérieusement les pertes reprochées au

système actuel à potentiel constant. Ce dernier a, en outre, l'avantage inappréciable de permettre seul une captation de courant facile et économique.

M. Langdon, président, estime qu'une discussion sur ce sujet est de nature à faire progresser la question des chemins de fer électriques. D'une façon générale, cette application de l'électricité aura, selon l'orateur, pour résultat de réduire les frais d'exploitation des chemins de fer actuels, en supprimant les réservoirs d'eau, les pompes, en réduisant les frais d'entretien et de réparation de chaudières et de machines, en diminuant la charge, grâce à la suppression des tenders; l'emploi des signaux automatiques et la suppression d'un grand nombre de ceux qui existent ne sont pas à dédaigner non plus.

M. Mordey pensait avoir épuisé ce sujet, à son état actuel, dans la communication faite à l'Institution of Civil Engineers, avec le concours de M. Jenkins. Il avoue que l'idée d'appliquer le système à courant constant en série aux chemins de fer n'a pas même été envisagée, et que leur conclusion, au point de vue des systèmes présentant le moins d'inconvénients, a été en faveur de la distribution à courant monophasé. L'orateur pense qu'il y a plus de temps à gagner, en raccourcissant les arrêts, qu'en forçant l'accélération, mais, d'une façon générale, il est bien convaincu qu'on ne saurait pousser plus loin la vitesse et la capacité des trains actuels, qu'en les équipant à l'électricité. Il n'y aurait qu'un moyen d'éviter le mouvement de lacet, ce serait d'introduire les turbines à vapeur dans la traction, mais aucun des partisans de ces machines ne l'a encore proposé.

Si la constance et la répartition uniforme de la charge constituent des conditions essentielles au succès des grandes lignes, il est incontestable que l'électricité, avec des unités plus petites distribuées le long de la ligne, remplira ces conditions mieux que la vapeur.

M. Mordey ne nie pas que le système de MM. Swinburne et Cooper mérite quelque considération, mais dans cette grave question, il s'agit d'adopter le système le moins imparfait, et qui satisfasse au moins aux dix ou douze conditions essentielles à remplir dans un service de grandes lignes (1).

Pour l'orateur, le point le plus important dans le chemin de fer électrique est la simplicité de la ligne; le système proposé nécessite deux conducteurs au moins, à haut voltage. En outre, ce système n'est pas susceptible d'extension, sans modification profonde dans la distribution; il lui faut des transformateurs rotatifs, et même avec un courant faible, il est très difficile d'obtenir un courant constant avec une tension variant de quelques centaines à plusieurs milliers de volts. A cet égard, la distribution en série pour les arcs est bien différente de celle que nécessiterait une ligne de chemin de fer où les variations de voltage seraient bien autrement importantes. Les génératrices ne pourraient être accouplées en parallèle et même difficilement en série. Cette distribution en série aurait bientôt le même sort que celles de lumière, le jour où l'on put se rendre compte des avantages et de la simplicité du système à tension constante.

M. le professeur Thompson est, lui aussi, d'avis que le temps est passé où l'on pouvait songer à appliquer le courant continu aux chemins de fer et que la question primordiale est ici la simplicité de la ligne aérienne. La simplicité exigera, sans doute aussi, la suppression de tout collecteur dans les moteurs destinés à des trains rapides. Mais le moteur monophasé a besoin de bien des perfectionnements, si l'on songe à appliquer le courant alternatif simple. Quoi qu'il en soit, l'électricité aura le grand avantage d'introduire, dans la mise en marche, une accélération facile à maintenir en regardant simplement un ampèremètre, ou même, réalisée automatiquement; tandis qu'elle est, avec la locomotive à vapeur, abandonnée aux caprices du mécanicien.

En ce qui concerne le système Ward-Léonard, où l'on monte une véritable sous-station sur la locomotive, l'orateur n'y voit point de progrès sur les conceptions qui ont inspiré la création de la locomotive Heilmann.

M. le professeur Carus-Wilson ne voit pas ce que l'on peut trouver de mieux que le système à tension constante à courant continu, avec troisième rail, en combinaison avec transmission triphasée et commutatrice, tel que l'a appli-

(1) Selon M. Mordey, le système en série à courant constant n'en satisfait guère que deux, il est vrai très importantes, à savoir : l'inutilité de résistances de démarrage et la récupération possible de l'énergie au freinage.

qué une compagnie italienne sur une ligne de 80 km. Quant au desideratum d'une vitesse variable, l'orateur ne s'explique pas que des électriciens proposent d'en chercher la solution dans des combinaisons d'engrenages, alors que le moteur-série à courant continu, convenablement construit, peut fournir des variations du couple par ampère du simple au double entre la demi et la pleine charge [1], ce qui est bien équivalent à un réducteur de vitesse. L'orateur montre ensuite que le système Ward-Léonard entraîne une augmentation de courant de 25 p. 100 au démarrage sur les systèmes ordinaires, par suite d'une augmentation de 12 p. 100 du poids et d'une diminution de 10 p. 100 du rendement.

M. P. Mc Mahon discute les avantages obtenus en augmentant l'accélération et constate que l'on a passé sous silence le prix auquel est obtenue cette augmentation. D'après les auteurs eux-mêmes, le courant au démarrage a passé de 150 à 800 ampères avec l'introduction du nouveau régime sur le chemin de fer de Liverpool. L'orateur admet que l'équipement électrique revient à peu près à doubler la force motrice, le poids restant le même ; et sur l'exemple qu'il choisit, on réalise une économie de temps de 14,3 p. 100, en adoptant quatre moteurs au lieu de deux, mais la puissance à la station augmente de 63 p. 100 ; de plus, avec quatre moteurs, la puissance à fournir par tonne-kilomètre est augmentée de 13,5 p. 100. Dans l'exemple de MM. Swinburne et Cooper, l'économie de temps est de 36,4 p. 100, mais l'énergie croît de 32,0 p. 100.

Dans une autre partie de leur communication les auteurs proposent de réduire le nombre des voitures au milieu de la journée. L'orateur a fait cette expérience sur le « City and South London Railway », où on utilisait des trains de 3 et de 2 voitures, ces derniers pour les heures de faible trafic ; l'économie de charbon fut nulle, par suite de l'énergie dépensée dans les garages.

L'orateur estime que l'on a exagéré les pertes dans le contrôleur au démarrage ; des essais personnels lui permettent de l'évaluer avec 10 ou 14 p. 100 de l'énergie totale absorbée au départ, jusqu'au moment de la pleine vitesse, c'est-à-dire pour de courts parcours, environ 5 à 7 p. 100 de l'énergie totale.

M. Holroyd-Smith critique la disposition consistant à placer les conducteurs au niveau des rails ou sur le côté du tunnel, en ce qu'elle présente de grands dangers en cas d'accidents (déraillement, etc.). Il trouve bien plus rationnel de les placer au sommet de la voûte, en ayant soin de disposer, aux aiguillages, tous les conducteurs de même polarité, dans un même plan horizontal. De la sorte, il n'y a pas de courts-circuits à craindre.

M. J.-S. Barnes est, de son côté, partisan de de la distribution triphasée, du moins pour les grandes lignes ; le moteur triphasé, après transformation convenable de la tension, est tout à fait propre à assurer une vitesse constante telle que l'exigent les grandes lignes en dehors des périodes de démarrage et d'arrêt. Mais, pour le service urbain, avec ses arrêts fréquents, il est évident que le moteur à courant continu est seul capable de fournir le couple et la vitesse variables que comporte ce service.

M. S. Fairfax estime que la locomotive est à supprimer, si l'on veut raccourcir la durée du démarrage et de l'arrêt. Elle a l'inconvénient de présenter une inertie exagérée ; son poids exige des rails et des traverses trop fortes, et son mouvement occasionne trop de vibrations. Le système à unités multiples, pourvues de tampons à ressorts les plus longs possible, est incontestablement plus avantageux à tous ces points de vue. Ces tampons amortiraient pour les voyageurs les à-coups au départ et à l'arrêt ; ils exigeraient toutefois la suppression des plateformes et des portes aux extrémités des voitures, ce qui est déjà fait dans nombre de chemins de fer tubulaires.

L'orateur est de l'avis de MM. Swinburne et Cooper que la question des chemins de fer électriques n'est pas encore mûre pour l'application immédiate. C'est tout au plus si l'on peut, actuellement, introduire sur les grandes lignes, des trains électriques rapides et « spéciaux », que l'on formerait d'un ou deux wagons-salons équipés avec des accumulateurs et d'où l'on retirerait un prix élevé. Ce serait un premier pas dans la voie de l'équipement électrique des trains.

P. L. C.

[1] La nécessité de construire des moteurs légers fonctionnant sans étincelles fait que, dans la pratique des tramways, cette variation du couple par ampère ne va que de 1 à 1,3. La courbe de la figure 5 de MM. Swinburne et Cooper (voir page 426) implique à cet égard une variation de 1 à 1,5.

Le Gérant : C. NAUD.

Tome XXXIII. Samedi 27 décembre 1902. 9e Année — N° 52.

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

LA VISION A DISTANCE PAR L'ÉLECTRICITÉ

Rappelons brièvement les conditions premières du problème de la transmission d'une image à distance. On fait en sorte — nous verrons tout à l'heure par quels procédés — qu'à un instant déterminé, un seul point A (fig. 1) de l'image à reproduire I vienne influencer par son intensité lumineuse un appareil électrique sensible à la lumière, une cellule à sélénium S par exemple. Cette cellule fait partie d'un circuit comprenant en outre la pile P et le primaire d'une bobine B.

Suivant l'éclat du point à transmettre, la résistance du circuit primaire du poste transmetteur variera, ainsi que l'intensité du courant qui parcourt ce circuit. La ligne reliant uniquement les secondaires des bobines transmettrice et réceptrice sera donc le siège d'un courant ondulé absolument analogue aux courants téléphoniques du multiplex acoustique de M. Mercadier. On a donc par ce moyen transformé l'image à transmettre en une sorte d'image électrique et il s'agit au poste récepteur de faire la transformation inverse.

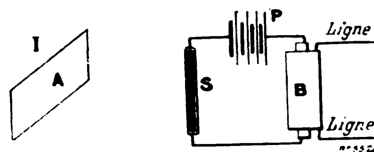


Fig. 1. — Poste transmetteur.

On y parvient en faisant agir les variations du courant transmis sur la quantité de lumière produite par une source lumineuse et en envoyant ce faisceau à intensité variable sur un écran à un endroit correspondant au point A de l'image à transmettre. Nous ne nous occuperons maintenant que de la variation de la quantité de lumière, réservant pour tout à l'heure la question de la distribution sur l'écran, analogue au procédé d'exploration de l'image.

Pour faire varier la quantité de lumière versée par la source sur l'écran, on peut

employer deux systèmes : on peut agir directement sur l'éclat de la flamme, ce sont les récepteurs directs préconisés par M. Lazare Weiller ; on peut aussi intercepter plus ou moins le faisceau lumineux émis par une source fixe dans la direction de l'écran ; ce sont les récepteurs indirects dont MM. Ayrton et Perry sont les promoteurs.

Le récepteur de M. Lazare Weiller est un téléphone à gaz, transformation de la capsule manométrique de Kœnig. Le circuit primaire du poste récepteur comprend uniquement le primaire d'une bobine et le téléphone dont l'âme est parcourue par un courant de gaz d'éclairage donnant une petite flamme peu éclairante. Le courant venant du poste transmetteur fera vibrer la plaque du téléphone et les variations de pression du gaz qui en résultent feront trembler la flamme qui changera ainsi d'éclat d'après l'intensité du courant et par conséquent aussi d'après l'éclat du point exploré.

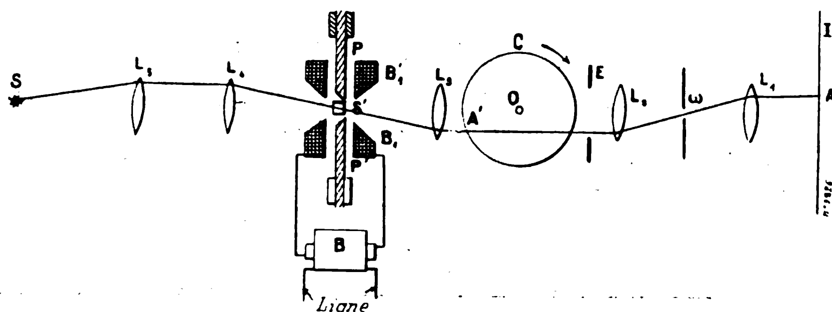


Fig. 2. — Poste récepteur.

Le récepteur indirect se compose essentiellement d'un galvanomètre sur le cadre multiplicateur duquel se trouve enroulé le circuit primaire du poste récepteur. Les variations d'intensité du courant modifient l'orientation d'une aiguille aimantée qui porte fixée à angle droit une plaque d'aluminium. Cette dernière obture plus ou moins le tube creux formé par le cadre multiplicateur et arrête dans une certaine mesure le faisceau de lumière émis par une source à éclat fixe dans ce tube.

Ce récepteur indirect était moins sensible que le récepteur direct à cause du grand moment d'inertie de l'équipage formé par l'aiguille aimantée et la plaque d'aluminium ; mais on pourrait mettre à contribution les travaux récents de M. Blondel [1] sur les oscillographes, où ce savant s'est préoccupé de réduire dans de larges proportions le moment d'inertie de l'équipage mobile d'un galvanomètre. Le poste récepteur serait alors ainsi constitué. Le circuit primaire (fig. 2) comprend le primaire de la bobine B et les bobines B_1, B_1' de l'oscillographe. Un très petit barreau de fer doux en forme de tube creux est suspendu dans un champ magnétique très intense produit par un électro-aimant puissant muni de pièces polaires très aplaties. Au point S se trouve une source lumineuse à éclat fixe qui, par l'intermédiaire du système de lentilles L_5, L_4 concentre sa lumière en un point S' au centre du tube creux.

Lorsqu'au poste transmetteur le point exploré est obscur, la capsule à sélénium aura une résistance très grande et le circuit primaire de ce poste ne sera parcouru par aucun courant ou par un courant très faible. Il en est de même pour le primaire du poste récepteur et on s'arrangera de façon que le tube mobile de l'oscillographe obture complètement

(1) Congrès de physique de 1900. A. Blondel. Sur l'inscription directe des courants variables.

le faisceau lumineux. S'il s'agit au contraire de transmettre un point très clair, la totalité de ce faisceau doit passer dans le tube.

Exploration de l'image. — Nous avons réservé la question de l'exploration de l'image au poste transmetteur et celle de la reconstitution de cette image au poste récepteur. Nous allons nous en occuper maintenant et décrire en particulier nos recherches sur ce sujet.

Lorsqu'on se propose uniquement de photographier une image à distance, il suffit de déplacer l'image à transmettre devant une fenêtre, obturée pendant le déplacement de cette image et ouverte pendant le temps de pose ; ce dernier sera le même pour chaque portion de l'image de manière à reproduire chaque partie avec son intensité relative.

A la station réceptrice, on déplace de la même manière un film ou papier sensibilisé devant une fenêtre analogue. L'impression sur ce papier sera une tache d'une intensité proportionnelle à la moyenne des éclats des points de l'image se trouvant au même instant sous la fenêtre du poste transmetteur. C'est ainsi que M. Korn de Berlin est arrivé à photographier, assez péniblement d'ailleurs, des dessins très simples de trois tons différents, tels que des croix et des grecques [1].

Lorsqu'il s'agit de vision à distance et non de téléphotographie, le problème se complique. On est d'abord limité par le temps, car l'exploration complète de l'image doit se faire en un dixième de seconde, durée de l'impression lumineuse sur la rétine.

De plus, on ne peut songer à déplacer rapidement l'écran au poste récepteur précisément à cause de la persistance des images sur la rétine. On en est donc réduit à laisser l'image fixe et à promener au-devant d'elle la fente exploratrice. En réalité, on se sert d'un système de miroirs donnant un champ très restreint comme les diapasons de Lissajous : le système laisse tomber sur la cellule à sélénium une quantité de lumière proportionnelle à l'éclat de la petite tache explorée à un instant déterminé. Les taches explorées successivement constituent une courbe, et si, au poste récepteur, fonctionne un système semblable de miroirs, la courbe sera reproduite avec la valeur lumineuse de ses différents points. Si cette courbe est décrite en moins d'un dixième de seconde, l'œil aura une impulsion persistante. Les points en dehors de cette courbe ne sont pas reproduits, mais l'œil, grâce à une éducation particulière, supplée facilement à leur absence ; nous n'en donnerons pour preuve que la chromolithographie, qui, par petites taches non juxtaposées, donne l'image de la nature.

On substitue en somme à l'image du poste transmetteur une sorte de patron défini par la courbe d'exploration et il est évident que l'image sera d'autant mieux reproduite que les mailles du patron seront plus serrées. M. Lazare Weiller, à qui nous empruntons cette théorie [2], explorait l'image par une série de lignes parallèles, grâce à l'artifice suivant : un disque tournant porte sur sa périphérie un grand nombre de petits miroirs formant avec le plan du disque des angles variables, mais peu différents d'un angle droit. Ces angles sont en progression arithmétique de manière à ce que la portion explorée par l'un de ces miroirs soit une bande de l'image et que toutes ces bandes soient équidistantes les unes des autres.

C'est à une exploration semblable par lignes parallèles que nous nous arrêterons. Voici le principe de notre explorateur : un petit diaphragme percé d'une très petite ouverture ω

---

(1) Sur un appareil reproduisant une photographie à distance par l'électricité d'Arthur Korn, Munich. *Elektrotechnische Zeitschrift*, Berlin, 22 mai 1902 ; *L'Éclairage Électrique*, t. XXXII, p. 296, 23 août 1902.

(2) Sur la vision à distance par l'électricité, par L. Weiller, *Génie civil*, t. XV, année 1889, p. 570, 12 octobre et *Lumière électrique*, 16 novembre 1889.

(fig. 3) se trouve au foyer principal commun d'une lentille L_2 et d'une lentille L_1. La lentille L_1 est placée devant l'image à transmettre I, et, après la lentille L_2 se trouve un cylindre que nous appellerons dans la suite distributeur. Ce cylindre C en tôle ou en cuivre, est percé de fentes hélicoïdales de même pas très allongé et ayant toutes le même

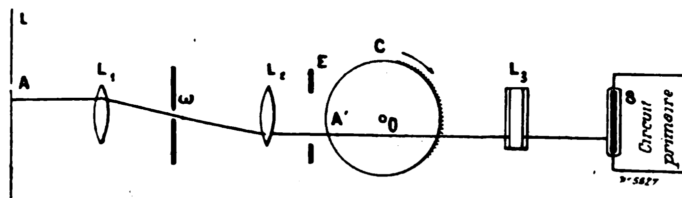


Fig. 3. — Poste transmetteur. Exploration de l'image.

sens de torsion ; en outre, le distributeur tourne autour de son axe avec une vitesse de 7 tours à la seconde.

Les rayons lumineux provenant de l'image passant par le point ω, ne peuvent donner, après être tombés sur la lentille, que des rayons parallèles à l'axe. Pour la même raison, parmi tous les rayons émanant du point A de l'image, il n'y aura d'utiles, parmi tous ceux qui tombent sur la lentille L_1, que les rayons parallèles à l'axe du système : il n'y a donc que les rayons de cette sorte à considérer.

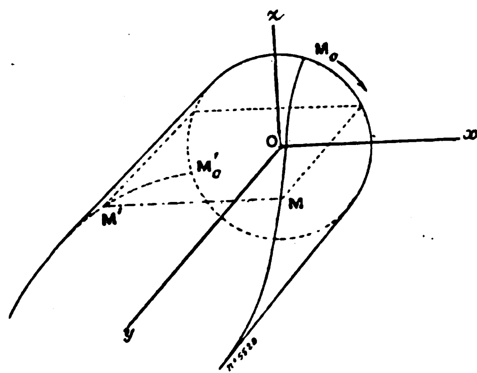


Fig. 4.

Traçons trois axes de coordonnées trirectangulaires (fig. 4) : Ox est horizontal ou, pour être plus exact, parallèle à la direction générale du système optique. La demi-droite Oy est dirigée suivant l'axe du cylindre, c'est-à-dire perpendiculairement à Ox et Oz est vertical. Examinons deux fentes hélicoïdales particulières M_0 et M_0'. Si ω est la vitesse de rotation du cylindre et h le pas commun des hélices, un point M de l'hélice M_0 aura pour coordonnées courantes à l'instant t

$$\left\{\begin{aligned} x &= r\cos(\alpha_0 - \alpha - \omega t) \\ y &= \frac{h\alpha}{2\pi} \\ z &= r\sin(\alpha_0 - \alpha - \omega t) \end{aligned}\right. \qquad (1)$$

Les coordonnées d'un point M' de l'hélice M_0' seront de même

$$\left\{\begin{aligned} x' &= r\cos(\alpha'_0 - \alpha' - \omega t) \\ y' &= \frac{h\alpha'}{2\pi} \\ z' &= r\sin(\alpha'_0 - \alpha' - \omega t) \end{aligned}\right. \qquad (2)$$

Pour qu'à un instant donné le rayon lumineux MM' soit parallèle à Ox, il faut d'abord que les deux ordonnées y et y' soient égales, d'où

$$\alpha = \alpha' ;$$

de plus il faut que les hauteurs soient égales, sans pour cela que les points M et M' soient confondus. Autrement dit, les angles $\alpha_0 - \alpha - \omega t$ et $\alpha_0' - \alpha' - \omega t$, qui doivent avoir le même

sinus ont une somme égale à π, d'où

$$\alpha + \omega t = \frac{\alpha_0 + \alpha'_0 - \pi}{2}; \tag{3}$$

mais alors on aura

$$\left\{ \begin{aligned} y &= \frac{h}{2\pi}\left(\frac{\alpha_0 + \alpha'_0 - \pi}{2} - \omega t\right) \\ z &= r \cos \frac{\alpha'_0 - \alpha_0}{2}. \end{aligned} \right. \tag{4}$$

Ainsi donc la trace du rayon lumineux MM' parallèle à l'axe Ox sur un plan perpendiculaire décrit d'un mouvement uniforme une ligne parallèle à Oy et cela dans un sens invariable.

Voyons maintenant comment sont réparties les fentes sur le cylindre. Divisons l'une de

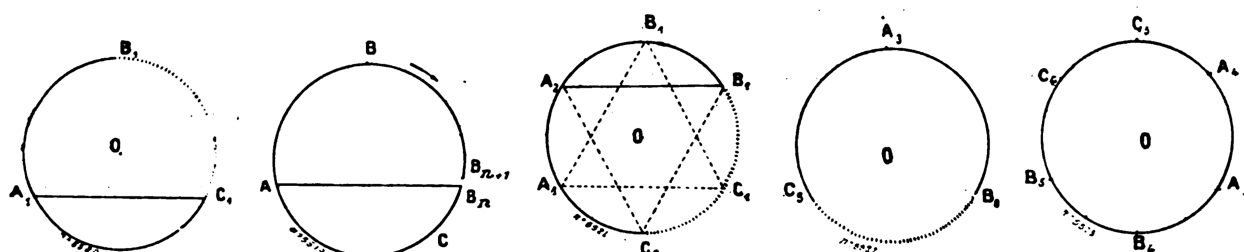


Fig. 5 à 9.

ses bases en trois parties égales par les points A, B, C (fig. 5); du point A part une fente unique. La partie BC est partagée en un grand nombre d'hélices; leur pas est calculé de façon que, quand on a terminé d'explorer une ligne Z_n

$$z_n = r \cos \frac{\alpha'_n - \alpha_0}{2},$$

correspondant à la fente A (α_0) et B_n (α'_n), la fente suivante B_{n+1} (α'_{n+1}) vienne en prise. Si l est la longueur du cylindre, l'instant considéré où ce phénomène aura lieu sera déterminé par l'équation

$$l = \frac{h}{2\pi}\left(\frac{\alpha_0 + \alpha'_n - \pi}{2} - \omega t\right),$$

et l'on aura la condition

$$0 = \frac{h}{2\pi}\left(\frac{\alpha_0 + \alpha'_{n+1} - \pi}{2} - \omega t\right),$$

d'où l'on tire

$$l = \frac{h}{2\pi}\,\frac{\alpha'_n - \alpha'_{n+1}}{2} = \frac{h\lambda}{4\pi r} \tag{5}$$

en appelant λ l'arc occupé par une fente.

De la sorte, à un instant déterminé, un seul rayon parallèle à l'axe pourra sortir du système de fentes. Ce rayon émanera d'un point A de l'image déterminé lui aussi. En résumé, grâce à l'artifice qui consiste à faire passer tous les rayons par un petit trou ω, placé au foyer principal commun de deux lentilles, il n'y aura d'utiles pour chaque point de l'image que les rayons parallèles à l'arc du système qui en émanent, et, grâce à la rotation

du cylindre, l'image est explorée par bandes horizontales. Une lentille cylindrique L_3 vient répartir les rayons sur une capsule à sélénium S (fig. 3). Le diaphragme et le cylindre se complètent ainsi pour isoler un seul point à un instant déterminé.

A la station réceptrice (fig. 2), le tube mobile en fer doux de l'oscillographe se trouve au foyer principal d'une lentille L_3, devant laquelle se trouve le distributeur C, le système des deux lentilles L_1 et L_2 et le diaphragme ω. Les deux cylindres doivent tourner synchroniquement à une vitesse de 7 tours à la seconde et doivent être dans la même position relative. Cette synchronisation est l'une des parties les plus délicates de l'appareil, mais on peut espérer arriver à une précision suffisante, étant donnés les résultats obtenus avec des appareils télégraphiques Baudot.

Il nous reste maintenant à résoudre une objection qui a son importance. Supposons que le cylindre tourne dans le sens indiqué par la flèche et examinons ce qui se passe dans un tour entier. Dans la position 1 (fig. 6) caractérisée par l'horizontalité de AC et la position de B au-dessus de AC l'exploration de l'image commence.

Dans la position 2 (fig. 7) caractérisée par l'horizontalité de AB et la position de C au-dessous de AB l'exploration de l'image est terminée. Si nous considérons l'ancienne position 1 nous remarquerons que A_1A_2 est égal au côté de l'hexagone, c'est-à-dire au rayon du cylindre. A partir de cette position 2, la fente C_2 qui se trouve au point le plus bas du cylindre va jouer vis-à-vis de sa voisine le même rôle que la fente A vis-à-vis des fentes BC.

Comme il y aurait plusieurs points explorés à la fois attendu que dans la position 3 (fig. 8) les hélices de gauche du cylindre explorent chacune les hélices de droite, il convient d'intercepter tous ces rayons. Pour cela, si nous remarquons que les rayons parallèles à l'axe sont seuls utiles, il suffira de placer entre la lentille L_2 et le distributeur un diaphragme rectangulaire, centré sur l'axe général, ayant pour longueur la longueur du cylindre et pour hauteur le rayon de ce cylindre de manière à ne laisser passer les rayons qu'entre les deux positions 1 et 2 (fig. 2 et 3).

Continuons le tour complet. Dans la position 4 (fig. 9) l'exploration recommence jusqu'à la position 5. Ainsi à chaque tour l'image tout entière est explorée deux fois. Remarquons aussi que l'exploration de l'image ne dure effectivement que pendant un sixième de tour, c'est-à-dire $\frac{1}{6n}$ de seconde, si la vitesse de rotation est de n tours à la seconde, et deux explorations sont séparées par un intervalle d'obscurité de deux sixièmes de tour soit $\frac{1}{3n}$ de seconde. C'est là un point un peu défectueux de l'appareil, car il paraît évident que l'éclat d'un point éclairé ainsi d'une façon intermittente ne sera que le tiers de celui qu'il aurait si l'exploration de l'image se faisait d'une manière continue en un dixième de seconde.

Sur deux explorations successives, l'une se fait de bas en haut et l'autre de haut en bas, de sorte que l'un des points de l'image n'est exploré à nouveau qu'après 4/6 ou $\frac{2}{3}$ de tour ; une vitesse de 7 tours à la seconde est donc nécessaire pour la persistance rétinienne.

Pour fixer les idées, supposons qu'il s'agisse d'explorer une photographie 9/12, le rayon du cylindre aura 9 cm et sa longueur sera de 12 cm ; supposons que BC soit divisé en 30 hélices ; le pas des hélices, d'après la formule (5), sera, si les hélices sont équidistantes :

$$12 = \frac{\lambda}{4\pi 9} \times \frac{2\pi}{3.30}, \qquad \text{d'où} \qquad \lambda = 194{,}40\,\text{m}.$$

Le pas est très allongé, de sorte que les deux fentes exploratrices sont très peu inclinées l'une sur l'autre ; il s'en suit que la construction du distributeur doit être soigneusement établie ; on remarque, sans qu'il soit nécessaire d'insister, qu'une modification dans le rapport des distances focales des lentilles L_1 et L_2 ne constitue pas une amélioration.

Nous allons terminer par un léger perfectionnement à cet appareil primitif. A la place de l'écran ω, plaçons le miroir d'un diapason vibrant verticalement. D'après la composition optique des figures de Lissajous, la ligne A_1B_1 qui serait décrite d'un mouvement uniforme est remplacée par une sinusoïde. L'image complète étant décrite en $\frac{1}{42}$ de seconde, s'il y a n fentes, chaque ligne telle que A_1B_1 (fig. 10) sera explorée en $\frac{1}{42n}$ de seconde.

Si le diapason fait 15 120 vibrations à la seconde, il y aura $\frac{360}{n}$ branches de sinusoïde telles que abc sur la ligne A_1B_1, c'est-à-dire que ac est égal à $\frac{12n}{360}$ ou $\frac{n}{30}$. Supposons que la ligne A_2B_2 soit transformée en une sinusoïde, mais qu'au départ en A_2, l'impulsion reçue par le diapason soit en sens contraire de celle reçue en A_1. On aura transformé ainsi l'exploration par lignes parallèles en une espèce de quadrillage, si l'on suppose en outre que le diapason a une amplitude de vibration telle que l'élongation totale de la sinusoïde est de $\frac{9}{n}$ mm.

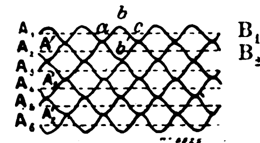


Fig. 10. — Exploration de l'image (grandeur naturelle).

Or l'exploration rationnelle d'une image consiste évidemment à la décomposer en un patron composé de polygones réguliers et le procédé décrit ci-dessus est une solution approchée d'un carrelage qui sera composé de carrés parfaits si

$$\frac{18}{n} = \frac{n}{30} \tag{6}$$

ou $n = 24$ environ ; alors la distance A_1A_2 est de $\frac{9}{n}$, de sorte que bb' est égal à $\frac{18}{n}$, c'est-à-dire égal à ac d'après la condition (6) on a alors $ac = 0{,}8$ cm : $bb' = 0{,}6$ cm.

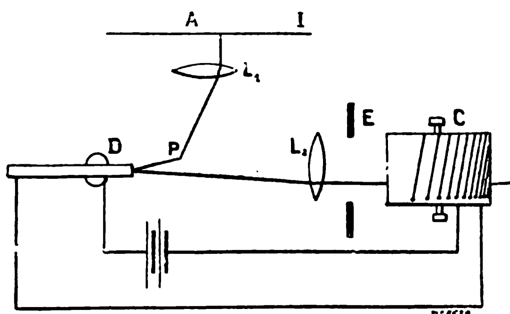


Fig. 11. — Plan.

La synchronisation des diapasons transmetteur et récepteur pourra se faire de la manière suivante : le circuit du diapason électrique sera fermé par des touches réparties sur le distributeur (fig. 11). Les touches impaires fermeront le circuit lorsque les lignes impaires commenceront à être explorées, c'est-à-dire au moment où le rayon lumineux utile passera par A_1A_3, etc. Les touches paires seront placées de manière à fermer le circuit au moment où les lignes paires seront déjà explorées de 4 mm, c'est-à-dire aux points A', A'_1... Du reste nous n'insisterons pas sur ce perfectionnement possible et nous terminerons en indiquant dans ses grandes lignes la marche à suivre pour la construction de l'appareil.

On réalisera d'abord le poste récepteur représenté par la figure 2. Les deux cylindres transmetteur et récepteur seront calés dans la même position relative sur un même axe

dont on obtiendra la rotation au moyen d'un train d'engrenages multiplicateur et d'une manivelle comme pour lancer le gyroscope de Foucault. On se débarrasse ainsi de la question fort délicate du synchronisme. On n'emploiera au début que le petit diaphragme à l'exclusion du diapason et on étudiera quel nombre d'hélices il faut adopter, car il ne faut pas oublier que la vitesse d'exploration, plus grande lorsqu'on augmente le nombre de bandes explorées, reste subordonnée à l'inertie de la cellule de sélénium et il est fort probable qu'il faudra faire des études spéciales pour trouver un « cohéreur » plus sensible à la lumière, dans le genre de la pile à électrodes iodées de M. Becquerel.

On voit que le problème, borné à ces simples recherches reste encore hérissé de difficultés.

J.-H. Coblyn,
Lieutenant au 7e Génie à Avignon.

REVUE INDUSTRIELLE ET SCIENTIFIQUE

GÉNÉRATION ET TRANSFORMATION

Nouveau mode de construction des bâtis de machines à courants alternatifs, par **H. Bœhmlænder** ; communication faite à l' « Elektrotechnischer Verein ». *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XIII, p. 659, 24 juillet 1902.

La tendance actuelle, de plus en plus marquée, à l'emploi de grosses unités, à cause de l'économie qui en résulte relativement aux machines à vapeur, conduit pour les bâtis en fonte, actuellement employés dans la construction des alternateurs, à des poids énormes, qui amènent des frais considérables de transport, de douanes et de montage.

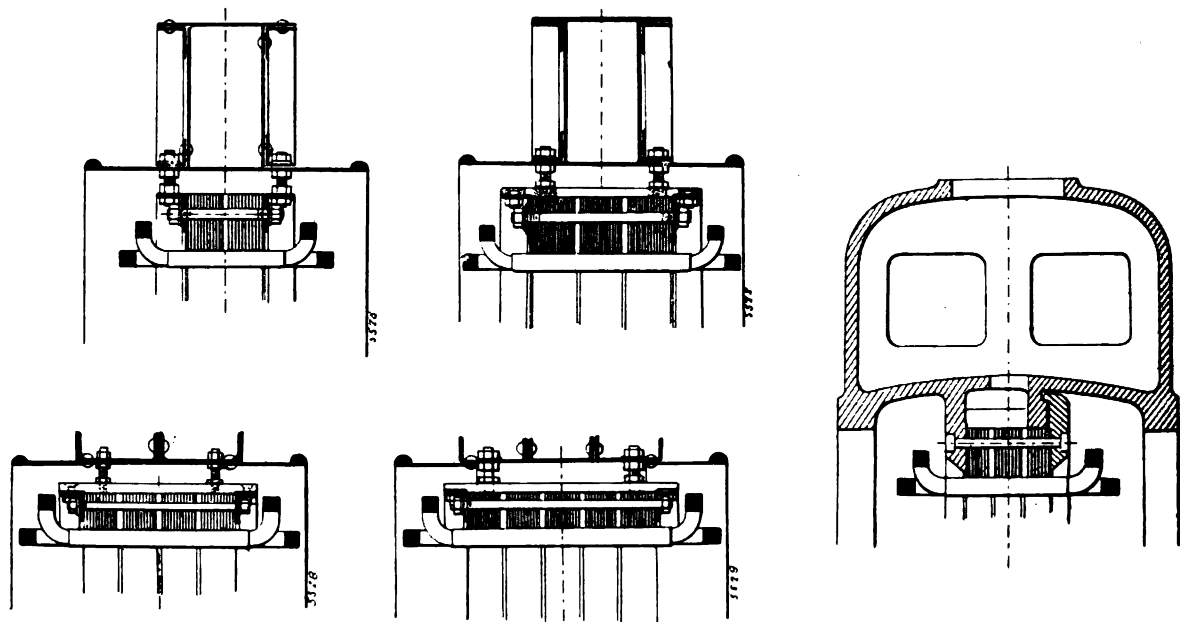


Fig. 1 à 5.

Aussi la maison Siemens et Halske a-t-elle substitué aux bâtis en fonte, des bâtis en fer forgé extrêmement plus légers, plus rigides et plus économiques.

Les figures 1 et 2 montrent quelles ressources fournit dans ce but l'emploi des fers cornières; l'anneau de fer actif est constitué à part et centré dans le bâti comme pour les petites machines ; on voit de même sur ces figures comment on peut disposer deux machines de même diamètre, mais de largeur axiale différente, sur deux bâtis identiques.

Les figures 3 et 4 donnent un mode de construction encore plus pratique, utilisant des fers usuels profilés au laminoir.

Enfin la figure 5 permet de faire la comparaison entre l'exécution avec bâti en fonte d'un alternateur de diamètre intérieur égal à 6 m et de largeur 22 cm, et l'exécution de la même machine avec bâti en fer forgé, suivant la coupe représentée figure 1. Les rapports du poids de fer effectif au poids du bâti sont respectivement dans les deux cas 1 à 5 et 1 à 1.

Remarquons encore en terminant qu'on peut construire à part l'anneau de fer actif et le bâti, ce qui permet de diminuer les délais de livraison, et que même, le cas échéant, on peut transporter ces deux parties séparément et les assembler seulement sur le lieu même d'utilisation.

A. M.

Accumulateurs Fredet.

1° Accumulateurs avec enveloppe en toile de plomb ou d'alliage de plomb. Brevet français 319 528 du 12 mars 1902. — Les électrodes de cet accumulateur sont enveloppées d'une chemise en toile de plomb ou d'alliage de plomb. Cette chemise est fixée aux deux faces de l'électrode à l'aide de rivets venus de fonte aux points de croisement des nervures de l'électrode.

La figure 1 montre la disposition employée : *a* est la grille munie sur ses deux faces de nervures *b* ; les alvéoles *c* sont remplis de matière active *d* ; *e* est la queue de prise de courant ; la toile de plomb enveloppe *f* est fixée par des rivets *g* venus de fonte, et aussi sur les côtés, par des baguettes de serrage *k* assemblées par les rivets *g'*.

Les mailles de cette toile-enveloppe sont suffisamment faibles pour s'opposer à la désagrégation de la matière active.

D'une brochure publiée par l'auteur à l'occasion de l'Exposition de la Société Française, nous extrayons les chiffres suivants relatifs à ces éléments.

TYPE de l'élément	POIDS TOTAL d'électrodes, en kg	DURÉE de la décharge en heures	INTENSITÉ en ampères	CAPACITÉ en ampères-heure	INTENSITÉ MASSIQUE en ampères par kg d'électrodes	CAPACITÉ MASSIQUE en ampères-heure par kg d'électrodes
7 plaques 180 × 140 mm.	8,5	16,5	10	166	1,17	19,5
		3	32	96	3,76	11,29
		1	66	66	7,76	7,76
		0,5	100	50	11,7	5,85
13 plaques 180 × 140 mm.	17	8	35	280	2,05	16,47
		5,5	43	237	2,52	13,91
		3,75	60	225	3,52	13,23
13 plaques 185 × 160 mm.	25	8	49	392	1,96	15,68
		4	85	340	3,4	13,6

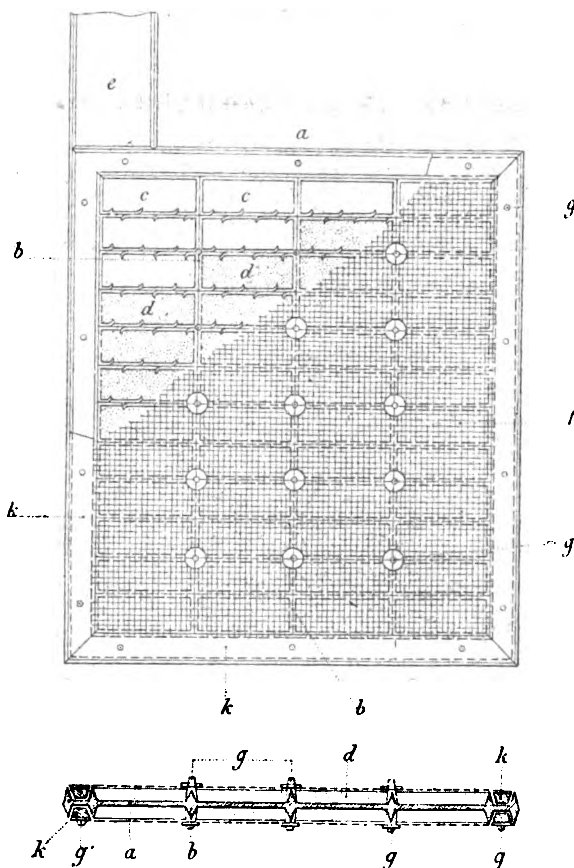


Fig. 1 et 2. — Accumulateur Fredet avec enveloppe en toile de plomb.

2° Accumulateur a cloisons poreuses. Brevet français 319 529 du 12 mars 1902. — Dans cet accumulateur, les électrodes sont séparées les unes des autres par des cloisons poreuses, très

perméables aux liquides. Ces cloisons peuvent être en porcelaine des filtres, porcelaine

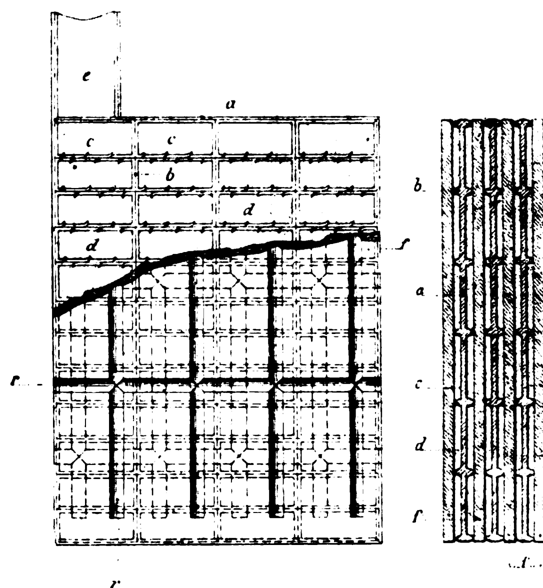


Fig. 3 et 4. — Accumulateur Fredet à cloisons poreuses.

d'amiante, toile d'amiante, etc. L'auteur emploie de préférence la porcelaine d'amiante.

Les figures 3 et 4 se rapportent à une des dis-

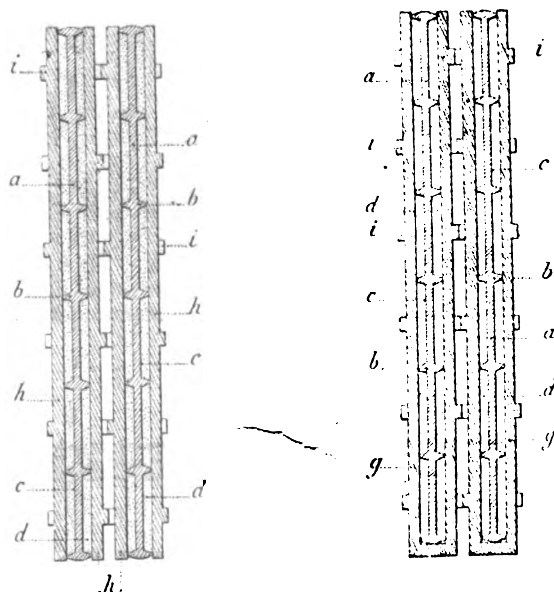


Fig. 5 et 6. — Electrodes d'accumulateur Fredet avec cloisons poreuses.

positions employées : les plaques poreuses *f* indépenpendantes les unes des autres sont munies sur leurs deux faces de rainures verticales et horizontales *r*, de manière à faciliter la circulation du liquide ; elles sont appliquées exactement contre les faces des électrodes *a* garnies de matière active *d*.

On peut aussi monter chaque électrode *a* entre deux plaques poreuses indépendantes *h*, munies de nervures extérieures *i* (fig 5) permettant d'obtenir une libre circulation entre deux parois poreuses voisines.

Dans une troisième disposition (fig. 6), chaque électrode *a* est insérée dans un vase poreux *g* à section rectangulaire, ouvert seulement à sa partie supérieure et perforé au besoin sur ses petites faces.

Les cloisons en porcelaine d'amiante, employées ici, absorbent environ 40 p. 100 de leur poids d'électrolyte ; elles n'augmentent que très peu la résistance intérieure.

La brochure mentionnée ci-dessus donne les valeurs suivantes relatives à un élément de ce type.

TYPE de l'élément	POIDS TOTAL d'électrodes, en kg	DURÉE de la décharge en heures	INTENSITÉ en ampères	CAPACITÉ en ampères-heure	INTENSITÉ MASSIQUE en ampères, par kg d'électrodes	CAPACITÉ MASSIQUE en ampères-heure par kg d'électrodes
13 plaques 180 × 140 mm.	18,5	24	12	288	0,64	15,56
		13	21	273	1,13	14,75
		4,75	47	223	2,54	12,06
		2,75	57	156,7	3,08	8,47

L. J.

TRACTION

La traction électrique sur canaux en Allemagne (Canal de Teltow). *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 698, 7 août 1902 et *Génie Civil*, t. XLI, p. 408, 25 octobre 1902.

Le canal de Teltow, actuellement en construction, long de 37,2 km, est destiné à relier la Havel à la Sprée, près de Berlin. Il ne comprend qu'une seule écluse double ; un chemin de halage existe sur les deux rives, sauf entre les points kilométriques 0 km et 3,1 km, puis 8,2 km et 9,5 km. Ce chemin présente une rampe maxima de $\frac{1}{20}$, et son sol est constitué par du sable au-dessous duquel on rencontre de la tourbe. L'administra-

tion, ayant décidé que la traction électrique serait seule admise sur le canal, résolut de procéder à son équipement par voie de concours, avec cette clause expresse que le halage devait pouvoir se faire facilement par dessus les bateaux en chargement ou déchargement dans les douze ports que comprend le canal. Du 1[er] janvier au 1[er] mai 1902, 20 projets furent déposés. Le Jury avait à sa disposition trois prix et pouvait acheter, en outre, deux projets qui lui sembleraient plus particulièrement intéressants. Les projets primés sont ceux de SIEMENS ET HALSKE ACTIEN GESELLSCHAFT, de Berlin; des ingénieurs FELDMANN et ZEHME, d'Elberfeld et Nuremberg; de la KANALTAUEREIGESELLSCHAFT, de Kiel. Les projets achetés sont ceux de : l'ingénieur Wilhem FELLENBERG, de Charlottenbourg; GANZ ET C°, de Budapest. Il est à remarquer que les cinq systèmes honorés d'une distinction emploient exclusivement des tracteurs sur berge, sauf aux endroits indiqués plus haut où n'existe pas de chemin de halage et où on a eu recours au remorquage par bateau. Le touage n'est pas appliqué du tout. Nous indiquerons, dans ses grandes lignes, le principe de chacun des projets ayant mérité un prix; nous ne possédons aucun renseignement sur le système Wilhem Fellenberg; mais, en revanche, l'auteur du projet Ganz et C[ie], M. Marcel Fabre, a lui-même longuement décrit son système dans le *Génie Civil* auquel nous ferons de larges emprunts.

PROJET SIEMENS ET HALSKE [1]. — La traction se fait sur les deux rives, par locomotives à trôlets, roulant sur deux rails dont l'un pèse 16 kg. et dont l'autre est plus léger. La traversée des lacs de Griebnitz et Machnow a lieu au moyen de remorqueurs à accumulateurs. L'énergie électrique est fournie par deux usines génératrices de 360 chevaux chacune établies à Teltow et Britz. Une troisième station, avec deux moteurs à gaz, s'élève sur les bords du lac de Griebnitz et sert à charger les accumulateurs. Le principe reste toujours le même si le trafic augmente de 1 500 000 à 4 500 000 tonnes; dans ce dernier cas, il suffira d'augmenter le nombre des unités.

Locomotive. — Le tracteur est une locomotive à simple adhérence pesant 6 tonnes et actionnée par deux moteurs série. Les deux roues qui courent sur le rail principal supportent à peu près 85 p. 100 du poids total; le reste incombe aux roues du petit rail, qui reçoivent en même temps l'effort oblique de traction. Le courant est amené aux moteurs par trôlet ordinaire, à la tension de 700 volts, et retourne à la station par les rails. L'équipement des deux chemins de halage est le même. La valeur du coefficient d'adhérence est environ 1/4, c'est-à-dire que normalement la locomotive peut résister à une traction de 1 500 kg avec un coefficient de sécurité 5, 6, mais qui tombe à 1, 6 dès qu'on dépasse 1 500 kg. Quand on veut changer la distance du tracteur au bateau, on enroule ou déroule le câble de halage au moyen d'un tambour actionné à bras ou plus souvent par un petit moteur spécial. Tous les accessoires tels que manettes, volants de manœuvre, place du mécanicien sont distribués avec une symétrie qui réalise le minimum d'encombrement.

Exploitation. — Le canal est supposé divisé en trois sections indépendantes ayant chacune leur matériel propre, c'est-à-dire que les tracteurs ayant parcouru l'une des rives empruntent l'autre pour retourner à leur point de départ; il en est de même pour la traversée des deux lacs. Trois dispositifs sont prévus pour éviter les impedimenta qu'un convoi peut rencontrer sur sa route. S'il s'agit seulement d'une barque amarrée à la rive, on remonte le crochet d'un mètre environ; pour des obstacles plus considérables, on élève le niveau de la chaussée au moyen de constructions en bois ou de terrassements. La traversée des grands ports de Lichterfelde et Britz se fera sur des ponts en fer de 85 m de portée et de hauteur suffisante. Une autre solution qui supprimerait les deux premières manœuvres et simplifierait beaucoup la troisième consisterait à établir partout le chemin de halage à 3 m au dessus du canal.

PROJET FELDMANN ET ZEHME. — On retrouve encore ici le tracteur constitué par une locomotive à adhérence variable, mais avec prise de courant par troisième rail isolé, partout où le chemin de halage est praticable. Une seule rive est équipée tant que le trafic ne dépassé pas

[1] En réalité cette maison avait soumis un deuxième projet avec remorqueur électrique et prise de courant aérienne pour toute la longueur du canal; mais l'intention des auteurs était plutôt de fournir une base de comparaison des frais d'établissement et d'exploitation avec les autres systèmes conçus dans l'esprit du programme.

1 500 000 tonnes ; au delà, il faudra répéter la même installation sur l'autre côté du canal. Quand deux trains se rencontrent, ils échangent leurs câbles et chacun revient sur ses pas. Les sections où n'existe pas de voie de halage sont desservies par des accuremorqueurs à double hélice, alimentés par une sous-station.

Voie et Locomotive. — L'auteur s'est efforcé de réaliser pour la voie le minimum d'encombrement. Elle comprend deux rails de roulement écartés de 600 mm et un troisième rail de prise de courant fixé au-dessus et en dehors des deux premiers. Afin de maintenir l'écartement invariable entre ces trois rails, ils sont montés sur une même traverse qui est solidement ancrée dans le sol. La nature du terrain exige que ce travail soit fait avec beaucoup de soin. La locomotive est à deux essieux moteurs et alimentée par du courant continu fourni par des sous-stations [1] ; son poids a été réduit le plus possible, mais on compense le manque d'adhérence par une adhérence artificielle qui croît proportionnellement à l'effort de traction. A cet effet un rouleau cylindrique est appuyé automatiquement, par le câble de halage lui-même, contre le troisième rail, et cette manœuvre a pour conséquence d'augmenter la pression des roues sur la voie de roulement. Il n'est fait aucune mention des dispositifs que les auteurs proposent pour la traversée des passages difficiles.

Projet de la Kanaltauereigesellschaft. — C'est à l'ingénieur conseil Rudolf que revient la conception du projet proposé par la susdite société. L'auteur part de ce principe que le tracteur pour canaux ne peut et ne doit rien avoir de commun avec les machines employées sur les chemins de fer et les voies transportables. Il faut lui donner un poids aussi faible que possible et indépendant de l'effort de traction constamment variable ; parce que, d'abord, on peut réduire l'infra-structure à sa plus simple expression et l'adapter sans difficulté aux exigences multiples du service des canaux et que, ensuite on économise l'énergie qu'absorberait inutilement le tracteur marchant à charge réduite, puisque la pression des roues motrices décroît avec l'effort de traction. (Ces considérations générales ont reçu une application dans les cinq systèmes que nous décrivons). M. Rudolf préconise la voie à deux rails installée sur les deux rives du canal, le courant continu fourni par six sous-stations et enfin, des accuremorqueurs pour les parties du trajet qui n'ont pas de chemin de halage.

Locomotive. — La locomotive est en deux parties ; une partie inférieure qui repose sur quatre roues et une partie supérieure pivotant sur la première et à laquelle sont fixés le moteur, les engrenages et les roues motrices. Le câble est attaché à un levier coudé qui peut tourner autour d'un axe solidaire de la partie supérieure du tracteur ; ce qui lui permet de presser une roue auxiliaire contre un des rails, pendant que la partie mobile de la machine se déplace en sens inverse et exerce une pression contre l'autre rail. Quand on marche à vide, un ressort remplace la tension du câble. L'auteur a proposé aussi un dispositif pour commander le tracteur du bateau lui-même ; mais, dans le cas actuel, son invention n'est susceptible d'aucune application. Comme rails, on emploie deux fers ⊏ n° 14 soutenus tous les 2,5 m par des blocs de béton. L'extrême légèreté de la locomotive qui est une des caractéristiques du système rend très facile la construction de ponts avec des portées variant de 10 à 50 m pour les passages encombrés ; sur la terre ferme ils sont supportés par des piliers en fer ; au-dessus de l'eau, ils reposent sur des pilotis (3 cm de diamètre).

Ligne électrique. — Les deux fils sont placés entre les rails ; le dispositif proposé, excellent en principe, devra néanmoins subir quelques perfectionnements avant d'être réellement pratique. L'auteur, en effet, n'a pas tenu compte des conditions spéciales exigées pour l'établissement d'un réseau électrique au voisinage d'une rivière.

M. Marcel Fabre expose, dans le *Génie Civil* les grandes lignes du projet proposé par MM. Ganz et C°, projet qui a pour base l'application d'un nouveau type de tracteur imaginé par l'auteur.

Projet de la Société Ganz et C°. — Les propriétés caractéristiques du tracteur électrique sur lequel repose ce projet, sont les suivantes :

[1] Le canal est supposé pourvu d'une distribution d'énergie électrique sous forme de courants triphasés à 8 000 volts et 50 périodes ; le courant doit être compté à 0,15 fr le kilowatt-heure pris sur la ligne à haute tension.

1° Un coefficient d'adhérence très élevé obtenu avec un poids très réduit pour le tracteur, en utilisant des roues motrices inclinées roulant sur un rail unique;

2° L'utilisation de l'effort de traction pour augmenter l'adhérence jusqu'à sa valeur la plus favorable, et cela dans une mesure arbitraire;

3° L'accroissement de la stabilité avec l'effort développé.

Tracteur électrique. — Le tracteur repose sur un rail unique par quatre roues obliques M réparties en deux paires (fig. 1, 2 et 3). Une roue porteuse à large jante N, roulant sur le chemin de halage, maintient la machine en équilibre.

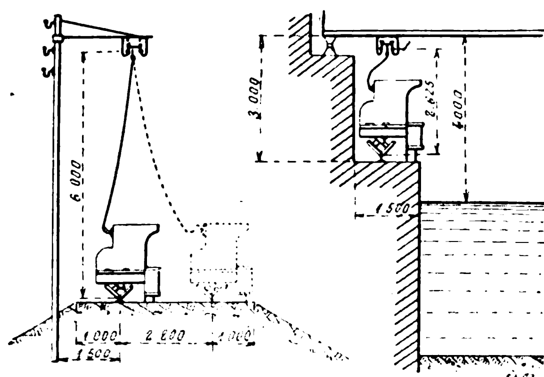


Fig. 1 et 2. — Disposition générale de la ligne de travail.

La majeure partie du poids du tracteur est appliquée sur les axes des roues motrices. Ces axes portent chacun une roue hélicoïdale H commandée par une vis sans fin V. Sur un côté du tracteur, les axes des roues motrices sont reliés par des ressorts R au châssis de la machine (fig. 3).

Ces deux derniers axes peuvent se déplacer dans leurs paliers P le long de leur direction, et les ressorts qui les relient au châssis permettent un léger mouvement de rotation autour des vis sans fin qui les commandent. La possibilité de ces deux mouvements de translation et de rotation fait que les roues motrices qui se font face sont pressées automatiquement contre le rail, et donnent naissance sur ce rail aux réactions caractéristiques du coincement.

L'augmentation de l'adhérence ainsi obtenue croît, évidemment, avec l'inclinaison des roues motrices vers l'horizontale.

D'autre part, l'effort oblique de traction, appliqué à l'extrémité arrière du tracteur, donne naissance à un couple transmis au rail, et dont la valeur est déterminée par l'angle du câble, de halage avec le rail et par la position du crochet de halage C, que l'on peut désaxer à volonté par rapport au rail.

L'adhérence ainsi obtenue croît avec l'effort de la traction et augmente, pour un effort donné, lorsqu'on écarte de l'axe de la machine le crochet de halage.

A mesure que croît la résistance offerte par le bateau, la pression des roues motrices appliquées sur le rail, qu'elles embrassent, croît elle-même. On conçoit ainsi que la stabilité de la machine augmente avec l'effort qu'elle développe.

Pour un effort de traction donné, ce tracteur peut être beaucoup plus léger qu'une locomotive à adhérence ordinaire [1].

Cette différence de poids a sa répercussion aussi bien sur le prix des tracteurs que sur les dépenses d'établissement et d'entretien de la voie et les dépenses de traction. Tandis qu'une locomotive ordinaire consomme toujours la même quantité d'énergie pour se mouvoir elle-même, le tracteur ne développe l'adhérence maximum qu'avec l'effort maximum, et absorbe pour lui-même d'autant moins d'énergie qu'il remorque un train moins résistant.

Le tracteur est muni d'un moteur triphasé A ayant son axe parallèle au rail. La fréquence imposée de 50 périodes oblige à une double réduction, ce qui diminue le rendement et com-

[1] Pour le tracteur qui nous occupe, l'adhérence due au poids utile se trouve multipliée par 1,86. D'autre part, une résistance de 1 500 kg, sur le câble de halage, sous un angle de 18° avec le rail, donne une adhérence de 2 575 kg. Avec un coefficient de 0,25, cette dernière adhérence permet un effort de $2\,575 \times 0{,}25 = 644$ kg. Pour exercer 1 500 kg, il manque 856 kg, qui exigent un poids de $\frac{856}{0{,}25} \times \frac{1}{1{,}86} = 1\,840$ kg.

Pour remorquer le tracteur sur une rampe de 1/20, il faut ajouter un poids utile sur le rail de 136 kg, soit 1 976 kg en tout. Toutes choses égales d'ailleurs une locomotive à adhérence ordinaire exige un poids sur les essieux moteurs de 6 888 kg, soit trois fois et demie le poids du tracteur. La roue porteuse ne supporte que 300 kg environ. Pour avoir une marge suffisante, le poids sur le rail a été fixé à 2 200 kg au lieu de 1 976 kg calculés. Le poids total est ainsi de 2 500 kg.

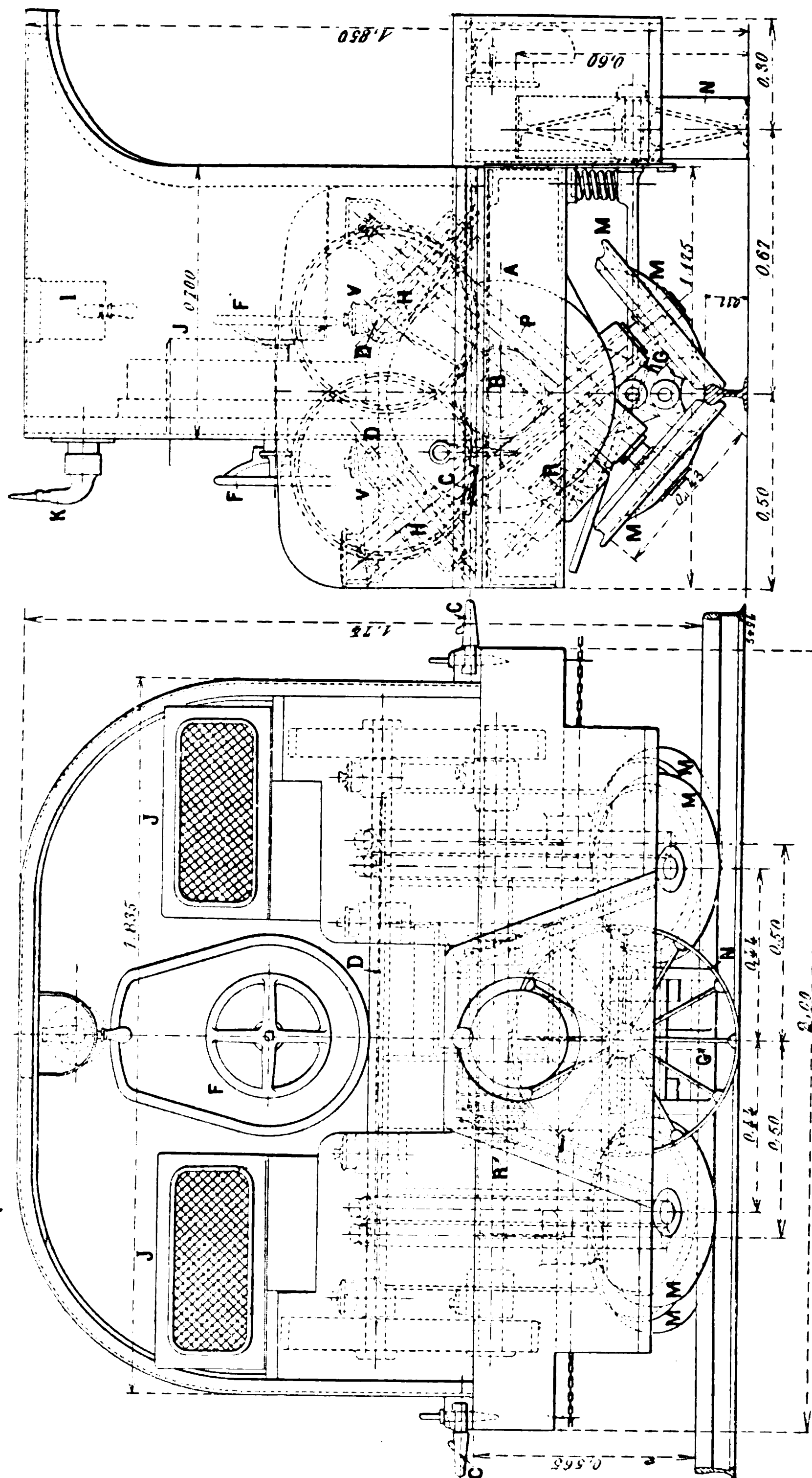


Fig. 3. — Tracteur électrique pour halage sur canaux système Fabre, Ganz et Cie, de Budapest. Vue latérale et vue en bout.

plique les transmissions. L'arbre B du moteur entraîne deux arbres parallèles D portant chacun, à leurs extrémités, des vis sans fin V, qui entraînent les roues hélicoïdales H calées sur les axes des roues motrices. Une fréquence de 15 à 25 périodes permet la simple réduction, tout en étant plus avantageuse pour le fonctionnement mécanique du moteur. Au lieu de quatre vis sans fin, on n'en a plus que deux, calées sur l'arbre du moteur, qui entraîne directement les roues hélicoïdales des axes des roues motrices. Les rendements à pleine charge sont de : 0,90 pour le moteur, 0,94 pour les engrenages et 0,80 pour les vis sans fin, soit 0,68 pour l'ensemble. Un interrupteur I, un rhéostat de démarrage J, un contrôleur F manœuvrable des deux côtés, un frein à griffe G agissant sur le rail et un simple trôlet avec câble souple et prise de courant amovible K complètent le tracteur.

La puissance du tracteur est de 37,5 chevaux-vapeur [1].

[1] Pour exercer un effort de traction de 1 500 kg avec une adhérence de 6 000 kg, un poids utile sur le rail de 2 200 kg et 300 kg sur la roue porteuse, des coefficients de traction de 12 kg par tonne sur le rail et 30 kg

Ligne électrique. — Le courant triphasé qui alimente directement le moteur est pris sous 500 volts, à une ligne aérienne à deux fils

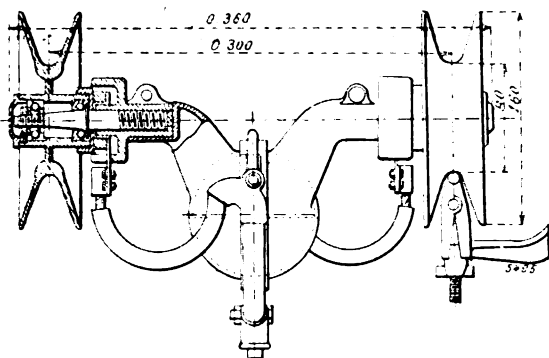


Fig. 4. — Coupe et élévation du trôlet.

(fig. 1 et 2), le rail servant comme troisième conducteur. Cette ligne est constituée par deux fils de cuivre de 8 mm suspendus parallèlement et horizontalement à une distance de 30 cm l'un de l'autre, et à 6 m au-dessus du

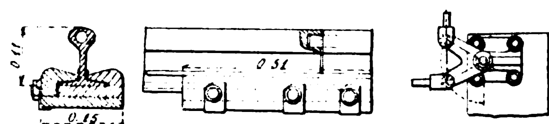


Fig. 5. — Eclissage des rails.

sol. La suspension est analogue à celle des lignes à trôlet automoteur, système Lombard-Gérin, déjà décrites dans ce journal [1]. Tous les 30 m, un poteau en bois avec console en fonte sert de point de support. Le double trôlet (fig. 4) est suspendu, et le tracteur l'entraîne avec lui.

Il n'y a pas d'aiguillage pour la ligne aérienne ; lorsque deux tracteurs se croisent, ils échangent simplement leurs trôlets.

Voie. — La voie consiste en un rail d'acier de 25 kg, fixé par des crampons à des traverses en chêne, espacées de 800 mm d'axe en axe, et noyées dans une couche de ballast de 250 mm d'épaisseur, sur 1,950 m de largeur à la base.

par tonne sur le chemin de halage, le tracteur exigera une puissance de 31,7 chevaux-vapeur sur la rampe 1/20. En vue des démarrages, le moteur choisi a une puissance de 37,5 chevaux-vapeur.

[1] *L'Éclairage Électrique*, t. XXIII, p. 27, 7 avril 1900.

Le poids de 25 kg pour le rail est extrêmement large, et le rail travaille au plus à 57 kg par millimètre carré.

Le poids du tracteur compense, en partie, l'effet de la composante qui tend à déverser le rail, si bien que les crampons travaillent surtout au cisaillement, et qu'il est inutile d'employer des tirefonds.

L'éclissage (fig. 5) est fait sur le patin du rail de façon à ménager le passage des bandages des roues motrices autour du champignon du rail. Un goujon placé, au moment de la pose du rail, dans deux trous ménagés dans les sec-



Fig. 6. — Aiguillage.

tions du champignon qui se font face, empêche le déplacement relatif des deux rails voisins, au passage du tracteur, sous l'influence du couple dû à l'effort oblique de traction.

Un rail-bond en cuivre de 8 mm assure la conductibilité de la voie.

Les aiguillages (fig. 6) sont constitués par une lame mobile, commandée par un levier de manœuvre, avec verrou pour l'assurer dans sa position d'arrêt. Cette lame vient se fixer devant l'un ou l'autre des rails des voies divergentes, et des contre-rails, placés convenablement, permettent à la roue porteuse de franchir le rail qui dépasse légèrement le niveau du sol.

Remorqueurs. — La traction se fera par locomotives partout où existe le chemin du halage, mais, entre les points kilométriques 0 km et 3,1 km, où le canal traverse un lac large de 250 m, et entre les points 8,2 km et 9,5 km, la traction devra se faire par remorqueurs à hélices, mues par des moteurs triphasés, alimentés par une ligne aérienne suspendue par fils transversaux. Cette ligne aérienne est le prolongement de la ligne qui court sur le chemin de halage. L'eau elle-même constitue le troisième conducteur.

Afin de pouvoir développer différents efforts de traction pour une même vitesse de marche, ces remorqueurs sont pourvus de deux systèmes d'hélices : une hélice centrale, et deux hélices

latérales. Chaque système est mû par un moteur triphasé de 67 chevaux-vapeur. Chaque moteur constitue la réserve de l'autre moteur.

On peut ainsi réaliser trois combinaisons répondant à trois efforts de traction différents.

Un rhéostat liquide sert au démarrage des moteurs. Le courant est pris à la ligne aérienne par un trôlet automoteur. Le déplacement d'un remorqueur est de 22 tonnes, et les dimensions d'emcombrement sont : 14,75 m × 3,60 m × 1,35 m.

Halage dans les ports. — Le problème de la conduite du câble de halage par-dessus les bateaux en stationnement et les appareils de chargement a été résolu de la façon suivante.

Dans les ports (fig. 7), un câble d'acier A est installé au-dessus du chemin de halage. A ce câble est suspendu un chariot C (fig. 8 et 9) destiné à surélever le câble de halage H et à lui permettre d'aller s'attacher au mât du bateau à remorquer. Le tracteur entraîne avec lui ce chariot, qui prend de lui-même sa position d'équilibre.

Le câble de conduite est supporté à 10 m au-dessus du sol par des poteaux en fer, maintenus par des haubans, et distants de 100 m. La flèche maximum qu'il peut prendre est de 3,50 m ; pour un effort de 1 500 kg il est constitué par des fils d'acier résistant à 160 kg par millimètre carré ; sa section est de 254 mm². Dans ces conditions, le coefficient de sécurité est de 6, 3.

Un dispositif de sécurité empêche le chariot-guide de tomber du câble de conduite. Un crochet à ressort B embrasse le câble en temps normal. Vis-à-vis des points de suspension, ce crochet est relevé automatiquement par un plongeur D, abaissé par un dispositif de garde E, fixé au poteau lui-même, et empêchant le chariot de quitter le câble jusqu'à ce qu'il se soit éloigné du poteau et que le crochet ait repris sa position.

Exploitation. — Pour le trafic de 1 500 000 tonnes, il suffira d'équiper une seule rive du canal. Un tracteur remorquera un seul bateau de 600 tonnes ou de 450 tonnes ou bien deux bateaux de 175 tonnes.

Il mettra 41 secondes à acquérir la vitesse de 4 km à l'heure [1]. Il faudra pour assurer le service : 53 tracteurs et 6 remorqueurs, en y comprenant la réserve.

Pour le trafic de 4 500 000 tonnes, les deux rives du canal seront équipées, et il faudra 175 tracteurs et 8 remorqueurs, réserve comprise.

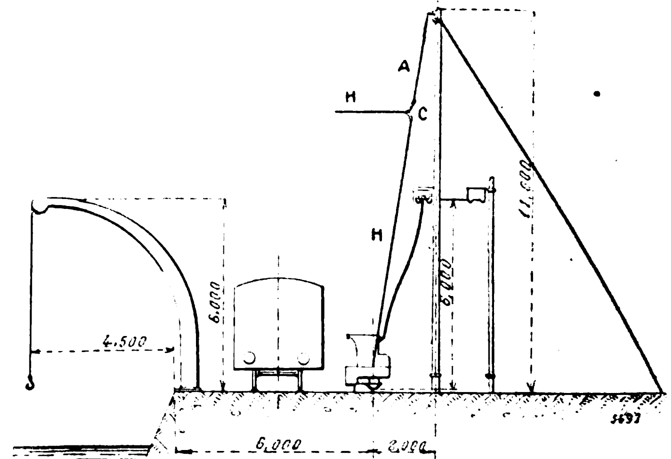


Fig. 7. — Conduite du câble de halage dans les ports.

Dépenses de premier établissement. — Voici les prix pour lesquels la Société Ganz et Cie, s'engage à livrer l'installation en ordre de marche.

Voie en rails de 25 kg, par km 10 600 fr. 33 km, avec 43 garages	400 000 fr.
Transformateur à 45 fr le kilovolt-ampère installé, 870 kilovolts-ampères répartis en neuf stations	47 000 »
Ligne aérienne pour tracteurs, par kilomètre 5 200 fr, 33 km	172 000 »
Ligne aérienne pour remorqueurs, par kilomètre 8 800 fr, 4,5 km	39 500 »
Tracteurs, 53 à 5 850 fr l'un	310 000 »
Remorqueurs, 6 à 36 500 fr l'un	219 000 »
Trôlets automoteurs, 6 trôlets, y compris droits de brevets	10 000 »
Aménagement des ports pour la conduite du câble de halage : 4 060 m à 11 fr le mètre courant	44 500 »
Total	1 242 000 »

Pour le trafic de 4 500 000 tonnes, il faudra

[1] La distance entre les transformateurs est, en moyenne, de 5,5 km ; la chute de voltage dans la ligne de travail ne dépassera pas ainsi 10 p. 100. Le cos φ sera de 0,81. Au trafic de 1 500 000 tonnes correspondent : 46 762 300 tonnes-kilométriques ; 235 320 tracteurs-kilométriques ; 31 059 remorqueurs-kilomètres.

équiper l'autre rive du canal et immobiliser à nouveau les sommes suivantes :

Voie	400 000 fr
Equipement électrique	218 000 »
Matériel de traction	575 000 «
Total	1 193 000 »

Ce qui porterait à 2 435 000 fr la dépense totale de premier établissement.

Dépenses d'exploitation. — Pour le trafic de 1 500 000 tonnes elles se monteront à :

Frais de courant	81 000 fr.
Personnel	61 000 »
Entretien des lignes électriques	3 500 »
Entretien des tracteurs et remorqueurs	3 400 »
Huile, graisse, etc.	2 100 »
Entretien de la voie	5 800 »
Amortissement	29 500 »
Intérêt à 4 p. 100 du capital engagé	49 300 »
Total	235 000 »

Soit par tonne-kilomètre $\frac{235\,600}{46\,762\,300} = 0{,}0050$ fr.

Siemens et Halske prévoient :

Pour un trafic de 1 500 000 tonnes une dépense de . . . . 2 812 500 fr
Pour un trafic de 4 500 000 tonnes, une dépense de. . . . . 3 125 000 »

Pour les dépenses d'exploitation, ils ont compté le courant à 0,1125 fr le kilowatt-heure au lieu de 0,155 fr parce qu'ils se sont placés dans des conditions spéciales. Ils arrivent aux chiffres de :

0,01 fr la tonne-kilomètre pour 1 500 000 tonnes
0,0056 fr — 4 500 000 »

Feldmann et Zehme, qui prennent le courant sur la ligne haute tension, arrivent aux chiffres de :

0,00809 fr la tonne-kilomètre pour 1 500 000 tonnes

Enfin la Kanaltauereigesellschaft, avec un capital de premier établissement de 3 246 250 fr et une somme de 358 150 fr de frais d'exploi-

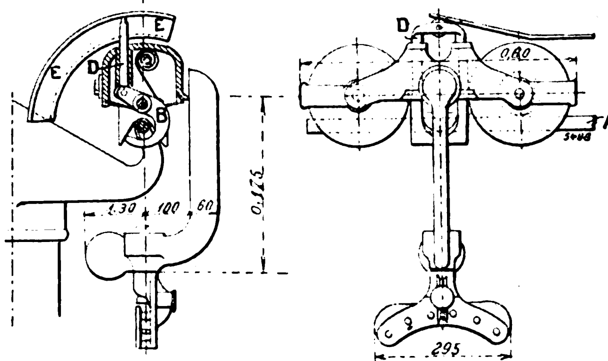


Fig. 8 et 9. — Chariot-guide pour surélever le câble de halage dans les ports.

tation, intérêts et amortissement compris, arrivent au chiffre de :

0,01 fr la tonne-kilomètre pour 1 500 000 tonnes

Nous résumons ci-dessous les dépenses de premier établissement et d'exploitation avec les différents systèmes proposés en supposant un trafic de 1 500 000 tonnes et le prix du courant à 0,15 fr le kilowatt-heure.

	Dépense de premier établissement	Coût de la tonne-kilomètre.
MM. Siemens et Halske.	2 812 500	0,0102
MM. Feldmann et Zehme	»	0,0082
Kanaltauereigesallschaft	3 246 250	0,01
MM. Ganz et Cie	1 242 000	0,005

T. P.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET TECHNIQUES

AMERICAN INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS

CONGRÈS DE GREAT BARRINGTON

18-21 juin 1902 [1]

Méthode de compoundage des génératrices et moteurs à courants alternatifs, des génératrices à courant continu, des moteurs-génératrices synchrones et des commutatrices, par **F.-G. Baum.** *Transactions of the Am. Inst. of. El. Eng.* t. XIX, p. 511-524, n° de mai 1902.

En l'absence d'une méthode satisfaisante de compoundage des unités puissantes, l'auteur a imaginé et expérimenté une méthode très simple, dont la figure 1 représente le principe. G est la génératrice, supposée bipolaire pour simplifier l'explication ; son arbre actionne l'armature aa'

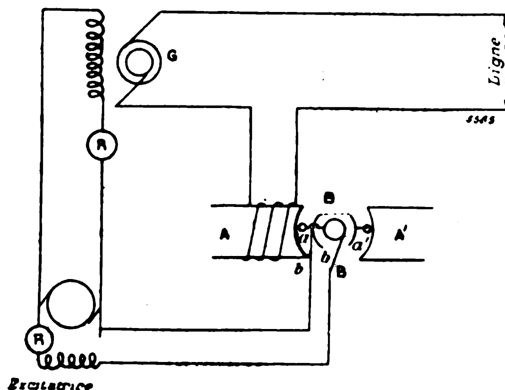


Fig. 1.

de ce que l'auteur appelle le « compensateur » dont AA' sont les inducteurs. L'une des extrémités de l'enroulement aa', représentée par une seule spire, est reliée à une bague circulaire ; l'autre extrémité est connectée à deux segments de bague diamétralement opposés et reliés entre eux métalliquement.

Deux balais recueillent les courants, celui qui frotte sur les segments étant placé dans l'axe de l'un des pôles. Les segments couvrent à peu près l'espace d'un quart de période. Si les inducteurs AA' étaient excités par un courant continu on recueillerait aux balais des fractions d'une onde alternative ; si l'on excite, au contraire, AA' par un courant alternatif en synchronisme avec la rotation de aa', on recueille des ondes de f. é. m. dont la forme dépend de la position de la spire d'armature quand le courant d'excitation passe par son maximum [1].

On peut, en plaçant convenablement les balais et en choisissant l'arc des segments, obtenir une onde de f. é. m. rectifiée, décalée d'un angle voulu sur la phase de la f. é. m. de la génératrice G. En ajoutant cette onde rectifiée dans le circuit d'excitation de l'excitatrice (fig. 1) on pourra compounder la génératrice pour toute charge et pour une valeur quelconque du facteur de puissance.

L'auteur a trouvé que la disposition de figure 2 était préférable ; elle consiste à employer la f. é. m. rectifiée à exciter une petite génératrice à courant continu dont l'induit est connecté au circuit en série des inducteurs de l'excitatrice de l'alternateur.

On peut faire varier le taux du compoundage au moyen d'un rhéostat intercalé dans le circuit induit du compensateur BB' ; ce dernier est, en réalité, à quatre pôles et est entraîné synchroniquement avec l'arbre de la génératrice par l'intermédiaire d'un engrenage [2].

Comme on n'a à agir que sur une fraction de l'énergie dépensée dans l'excitation des généra-

[1] Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XXXIII, p. 97, 282, et 318, 18 octobre, 22 et 29 novembre.

[1] Autrement dit, si les champs sont supposés uniformes; et que dans la position de aa' dans la figure 1, le flux de A est maximum, celui qui traverse aa' es représenté par une fonction de forme $\Phi_0 \cos\omega t$, $\cos\omega t$; tandis que si le flux de A est nul à ce moment, le flux de aa' sera représenté par $\Phi_0 \sin\omega t$, $\cos\omega t$. Comme les balais ne recueillent le courant que dans les positions intermédiaires entre $-\frac{\pi}{4}$ et $+\frac{\pi}{4}$, les forces électromotrices varieront dans le premier cas entre o et o ($\Phi\omega\cos t$) en restant positives, tandis qu'elles passeront dans le second cas, de $+\Phi_0\omega\, a - \Phi_0\omega$, en passant par zéro (N. d. T.).

[2] Le système, étant donné sa faible puissance, peut être appliqué à chaque génératrice d'un groupe. On peut en munir des alternateurs fonctionnant en parallèle, qu'ils aient ou non des excitatrices communes et sans aucune difficulté.

trices, la puissance du compensateur sera toujours très faible ; ainsi un compensateur de

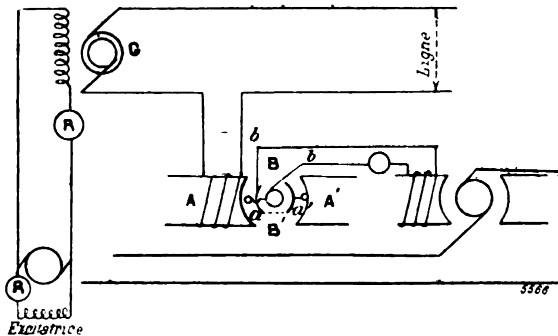


Fig. 2.

500 watts suffit pour une station de 10 000 kilowatts.

Le compensateur s'applique sans difficulté à l'excitation des moteurs synchrones, pour lesquels il n'existe pas de mode de compoundage, quand il s'agit de moteurs autres que ceux actionnant des génératrices à courant continu (¹).

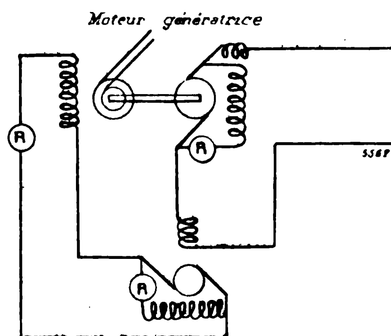


Fig. 3.

L'auteur a appliqué avec succès son compensateur à des groupes de trois moteurs-génératrices alimentant une exploitation de tramways, à l'extrémité d'une ligne de 240 km. La disposition adoptée est représentée dans la figure 3. Les moteurs synchrones avaient une excitatrice commune ; on n'eut pas besoin d'une nouvelle excitatrice, car l'excitatrice commune était compound ; il suffit, pour appliquer la méthode, de dériver une partie du courant continu du côté de la génératrice pour l'amener autour des inducteurs de l'excitatrice.

Cette méthode s'applique également aux commutatrices elle est bien plus économique et plus simple que de munir l'inducteur de chaque moteur d'un enroulement en série.

En appliquant cette méthode de compoundage au cas général d'un système de transmission, on compoundera les génératrices et les moteurs synchrones des sous-stations pour le centre de distribution. On sait que les variations de voltage peuvent atteindre 20 p. 100 dans les distributions où existent des moteurs synchrones qui se mettent à osciller sous l'influence d'une mauvaise régulation. L'auteur indique par quelques diagrammes simples la façon de déterminer la « régulation » dans divers cas, c'est-à-dire le taux dont le voltage appliqué doit dépasser le voltage au récepteur, suivant la charge et le facteur de puissance.

(¹) Cette méthode est tout à fait analogue à celle du compoundage des génératrices à courant continu accouplées en parallèle, et excitées par une excitatrice commune que l'on compounde au moyen du courant général circulant dans un enroulement inducteur supplémentaire.

Les nouveaux groupes générateurs de la « Niagara Falls Power Company », par **H.-W. Buck,** d'après *Transactions of the Americ. Inst. of Elec. Eng.*, t. XIX, p. 531-546, n° de mai 1902.

La nouvelle station des chutes du Niagara est, dans son ensemble, une reproduction de l'ancienne, sauf que, grâce aux conduits de décharge à tirage, la puissance des turbines est augmentée de 10 p. 100 environ. Les turbines sont du type Escher, Wyss et Cie, de Zurich, ainsi que les régulateurs à pompe à huile, qui restreignent les variations de vitesse dans les limites de 5 p. 100, pour des variations de charge de 100 p. 100. Les génératrices sont biphasées, à 2300 volts, 25 périodes, 250 t. : m., d'une puissance de 3 650 kilowatts ; le voltage des anciennes unités a été conservé pour permettre de les interchanger avec les nouvelles. L'auteur se propose d'insister sur les différences essentielles entre la nouvelle station et l'ancienne et qui portent : 1° sur un réglage plus étroit des génératrices (10 au lieu de 30 p. 100) ; 2° sur l'adoption d'un seul tableau de distribution au lieu de deux et 3° sur la protection automatique des feeders par des coupe-circuit à huile.

Génératrices. — La partie électrique est fournie entièrement par la « General Electric C° ». Six génératrices sont à pôles extérieurs mobiles ; le collecteur est à la partie inférieure de l'ar-

bre vertical ; le réglage de la tension est ici plus important que dans toute autre station, par suite des unités puissantes alimentées par la distribution et dont les variations de charge ont les plus graves inconvénients pour les moteurs polyphasés du système. L'enroulement induit fixe consiste en spires formées de fils cablés et laminés en rectangle, ces spires sont placées dans des encoches ouvertes à raison de deux spires par encoche ; elles forment un double enroulement fermé. La ventilation est très énergique et consiste à ramener l'air chassé par la force centri-

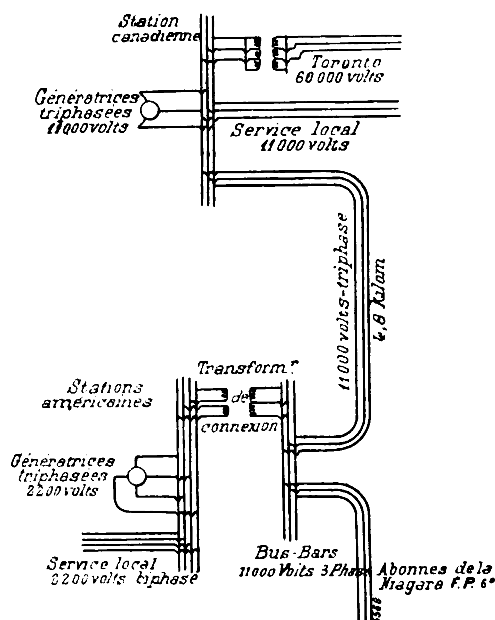


Fig. 1.

fuge à l'intérieur du noyau d'induit, d'où il s'échappe radialement entre les enroulements induits et inducteurs et les noyaux d'inducteurs.

Les 5 autres génératrices sont du type plus commun à inducteurs intérieurs mobiles, qui a été reconnu plus économique, plus simple et plus accessible. On a ainsi trois types d'alternateurs différents, sans que la mise en parallèle offre des difficultés.

Les rendements garantis pour les génératrices à inducteurs extérieurs sont de : 98 p. 100 à pleine charge ; 97,3 p. 100 à 3/4 charge ; 96 p. 100 à 1/2 charge.

Des essais à pleine charge ont donné le résultat probablement le plus élevé qui ait été atteint, à savoir un rendement de 98,15 p. 100.

Excitatrices. — L'excitation est fournie par un groupe de quatre dynamos de 150 kilowatts, à 220 volts, axe vertical ; elles sont accouplées chacune à une turbine indépendante et placées au niveau des turbines principales ; elles servent à alimenter l'éclairage et les moteurs de la station et peuvent être connectées avec l'excitation de l'ancienne station.

Tableau de distribution. — Le tableau principal consiste en une galerie de 36 panneaux séparés, dont 11 pour les génératrices, 22 pour les feeders, 2 pour interconnexions et 1 pour l'excitation. Toutes les opérations se font au moyen de relais et la fonction de l'interrupteur correspondant est indiqué par des connexions fictives dessinées sur le tableau ; des indicateurs, placés à côté des interrupteurs des relais, indiquent si l'appareil réel a fonctionné. Chaque panneau forme un groupe complet, avec ses interrupteurs et les instruments de mesure correspondants. Les rhéostats d'excitation des génératrices sont placés sous le tableau. Tous les feeders sont munis de wattmètres enregistreurs.

On se propose d'utiliser les 21 génératrices en quatre groupes indépendants en marche normale, mais le tableau permettra de les interconnecter de façon à les faire fonctionner toutes ou un nombre quelconque en parallèle.

Les coupe-circuit de feeder sont commandés par des interrupteurs à temps ; la tige du coupe-circuit est fixée à un amortisseur à air qui empêche la rupture complète pour des surcharges lentes et passagères ; mais si un court-circuit se produit, l'amortisseur est inefficace et la rupture a lieu ; de sorte que des chutes de voltage préjudiciables au maintien en phase des moteurs synchrones ne peuvent se produire.

Station canadienne. — Cette station est établie sur le même type que les stations américaines ; sa puissance est utilisée pour transporter l'énergie à Toronto et d'autres cités du Canada, et à distribuer le courant aux usines du voisinage de la station ; mais elle peut aussi être connectée en parallèle avec les stations américaines. Les génératrices y sont de 7 500 kilowatts, et enroulées pour 12 000 volts triphasés ; la fréquence est de 25 périodes. L'économie réalisée par l'emploi d'unités d'une dizaine de mille chevaux est considérable, et, comme cette station doit atteindre une puissance de 100 000 chevaux, il n'y a aucun inconvénient au point de vue du

coefficient d'utilisation, à ne pas subdiviser davantage cette énorme puissance. Etant donné la vitesse de rotation assez élevée (250 t. : m), le diamètre total d'une génératrice n'est que de 6 m environ; le poids de l'inducteur intérieur mobile est de 64 tonnes. On a constaté que, lorsque la distance des centres de distribution importants excédait 1 mille (1609 m) environ, il était peu économique avec des canalisations souterraines de transformer les 2 300 volts biphasés en 12 000 volts triphasés ; aussi en résulte-t-il une notable économie à enrouler directement les génératrices pour cette dernière tension.

Pour les grandes distances, on utilisera des tensions transformées de 22 000, 40 000 et 60 000 volts.

La figure 1 indique les connexions entre les stations américaines et canadiennes, cette dernière ne sera pas en exploitation avant un an.

Notes sur la théorie des moteurs synchrones, par **Ch.-P. Steinmetz**. *Transactions of the Americ. Inst. of El. Eng.*, t XIX, p. 547-567, n° de mai 1902.

Dans cette communication, l'auteur rappelle d'abord la théorie des moteurs synchrones en régime stable, c'est-à-dire quand la puissance mécanique dont est chargé le moteur est égale à la puissance développée, puis il étudie les pulsations qui se produisent quand la condition précédente cesse d'être remplie.

Quand on donne la force électromotrice appliquée, l'excitation et la charge du moteur, toutes les autres inconnues se trouvent déterminées. Ainsi, soient, en notation symbolique

$E_0 = e'_0 + je''_0$, la force électromotrice appliquée ;

$$\left(e_0 = \sqrt{e_0'^2 + e_0''^2}\right) \tag{1}$$

$E = e' + je''$, la force contreélectromotrice

$$\left(e = \sqrt{e'^2 + e''^2}\right) \tag{2}$$

$I = i$, le courant pris comme origine des vecteurs ;

$Z = r - jx$, l'impédance du circuit entre les points d'application des forces électromotrices de e_0 et e [1].

On a donc

$$E_0 = E + iZ$$

ou

$$e'_0 + je''_0 = e' + je'' + ir = jix$$

d'où

$$e'_0 = e' + ir \tag{5}$$

$$e''_0 = e'' - ix \tag{6}$$

La puissance fournie par le moteur est le produit du courant par la composante wattée de la force électromotrice induite ; donc

$$P_0 = e'i. \tag{7}$$

(P_0 comprend les frottements, les fuites dans le fer induit, et la puissance consommée par l'excitatrice si elle est entraînée par le moteur).

Les équations 1, 2, 5, 6, 7 montrent qu'avec une puissance P_0 donnée, à chaque valeur de i, correspondent deux valeurs de la force contre-électromotrice e et par suite de l'excitation. Elles déterminent e'_0, e''_0, e', e'', e en fonction de P_0 et i.

La condition pour que le facteur de puissance sur la force électromotrice e_0 soit égal à l'unité est que $e''_0 = 0$ et $e'_0 = e_0$, alors $e'' = ix$ $e = e_0 - ir$, d'où

$$e^2 = (e_0 - ir)^2 + i^2x^2$$

c'est une courbe du 4ᵉ degré, de forme hyperbolique que l'auteur appelle l'hyperbole du « facteur de puissance unité » ; dans ce cas la puissance devient

$$P_0 = e_0 i - i^2 r$$

d'où

$$i = \frac{e_0}{2r}\left\{1 \pm \sqrt{1 - \frac{4rP_0}{e_0^2}}\right\}.$$

et la puissance maxima est donnée par

$$1 - \frac{4rP_0}{e_0^2} = 0$$

L'hyperbole du facteur de puissance unité divise en deux régions les caractéristiques $f(e, i) = 0$, construites avec diverses valeurs de P_0, e_0 et z étant donnés. La figure 1, construite avec

[1] Z est l'impédance « synchrone du moteur, si e_0 est le voltage aux bornes ; c'est l'impédance de la ligne, y compris transformateurs et moteur, si e_0 est le voltage aux bornes de la génératrice ; et c'est, enfin, l'impédance « synchrone » du moteur et de la génératrice, plus celle de la ligne et des transformateurs, si e_0 est la force électromotrice induite de la génératrice correspondant au champ d'excitation (j représente ici le symbole $\sqrt{-1}$).

$e_0 = 2\,200$ volts, $Z = 1 - 4j$ ohms, et les valeurs de P_0 indiquées, donne une vue d'ensemble sur le fonctionnement du moteur synchrone. L'auteur en déduit les caractéristiques de charge en construisant les points d'intersection des courbes $P_0 = C^{te}$ (fig. 1) avec les verticales $e = C^{te}$. Il fait remarquer que la puissance maxima augmente avec l'excitation et

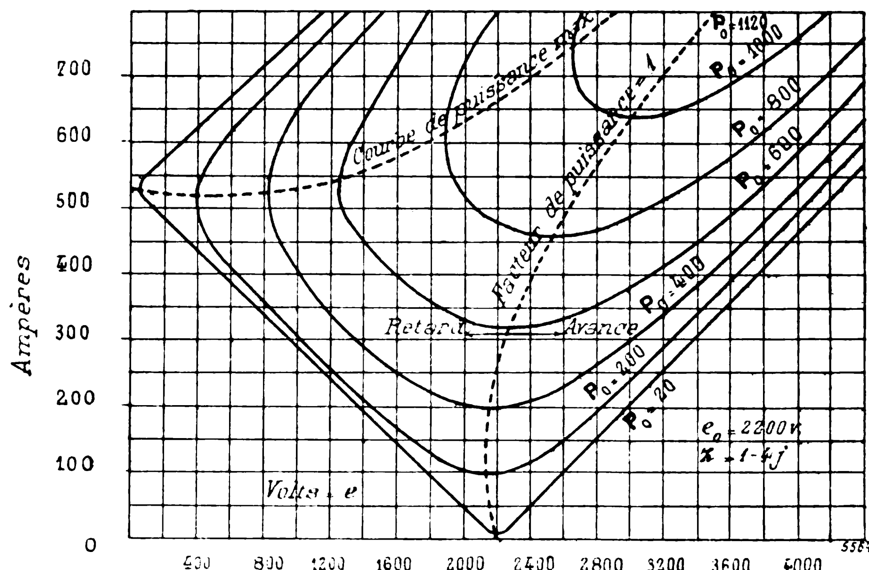


Fig. 1.

presque toujours en raison directe de cette dernière. Pour $e = 2\,180$ volts, le facteur de puissance demeure sensiblement égal à l'unité pour toute charge jusqu'au voisinage de la puissance maxima [1].

Après avoir rappelé cette théorie, avec l'hypothèse d'une vitesse constante, l'auteur considère le fonctionnement du moteur synchrone quand la puissance produite par le moteur dépasse la charge mécanique [2].

Cette circonstance donne lieu à des oscillations de vitesse du moteur, dont la période et l'amplitude dépendent des conditions du circuit et du moment d'inertie. Si le décrément de ce mouvement périodique est positif, c'est-à-dire si les amplitudes décroissent, la force électromotrice e finira par prendre une position constante par rapport à e_0 et la vitesse deviendra uniforme. Si le décrément est négatif, une pulsation infiniment petite d'abord croîtra constamment en amplitude, jusqu'à ce que le moteur se décroche, ou bien le décrément s'annulera sous l'effet des forces introduites pour s'opposer aux pulsations (amortisseurs).

Mais si le décrément est nul, une pulsation une fois engendrée se continuera indéfiniment avec la même amplitude.

L'auteur se propose de tenir compte de ce phénomène dans une théorie complète du moteur synchrone [1].

En outre, il rappelle que la puissance mécanique consommée par la charge varie plus ou moins avec la vitesse, approximativement en

(1) La figure de l'auteur montre une variation de 1 à 98,8 seulement du facteur de puissance quand la charge varie de 10 à 600 kilowatts.

(2) L'excès de puissance est alors absorbé par l'inertie sous forme d'accélération et se traduit par une augmentation de vitesse. La force contre-électromotrice retarde donc davantage ; le courant et la puissance varient et décroissent. Quand l'équilibre est rétabli entre la puissance et la charge, la puissance du moteur continue à décroître par suite de la vitesse acquise ; de là, un ralentissement.

(1) Supposons que l'on désigne par :

$E_0 = e_0 =$ la force électromotrice appliquée, dont le vecteur est pris pour origine,

$E = e (\cos \beta + j \cos \beta) =$ force électromotrice du moteur, β étant l'angle de phase entre E_0 et E.

$Z = r - jx$ ($Z = \sqrt{r^2 + x^2}$) l'impédance du circuit séparant E_0 et E et $\operatorname{tg}\alpha = \frac{x}{r}$.

raison directe de la vitesse quand le moteur actionne des appareils mécaniques, mais suivant une puissance élevée de cette vitesse s'il est

---

Dans ce système le courant est

$$I_0 = \frac{e_0 - E}{Z} = \frac{e_0 - e\cos\beta - je\sin\beta}{r - jx}$$
$$= \frac{1}{Z}\left[[e_0\cos\alpha - e\cos\overline{\alpha+\beta}] + j[e_0\sin\alpha - e\sin\overline{\alpha+\beta}]\right]$$

La puissance développée par le moteur synchrone est $P_0 = [EI]$ symboliquement. (Voir dans l'ouvrage « Alternating current Phenomena » de Steinmetz comment on obtient l'expression réelle de la puissance d'après l'expression symbolique).
et l'on a

$$P_0 = \frac{e}{z}\left\{[\cos\beta\,(e_0\cos\alpha - e\cos\overline{\alpha+\beta})] + [\sin\beta\,(e_0\sin\alpha - e\sin\overline{\alpha+\beta})]\right\} = \frac{e}{z}[e_0\cos\overline{\alpha-\beta} - e\cos\alpha]$$

Si maintenant l'angle de phase β est modifié d'un angle δ où δ est une fonction périodique du temps de fréquence très basse par rapport à celle de la force électromotrice appliquée qui demeure constante, le nouvel angle de phase est $\beta + \delta$ et la force contre-électromotrice e devient :

$$E = e\left\{\cos\overline{\beta+\delta} + j\sin\overline{\beta+\delta}\right]$$

Et la puissance deviendra

$$P = \frac{e}{z}\left\{e_0\cos\overline{\alpha-\beta-\delta} - e\cos\alpha\right\}$$
$$= P_0 + \frac{2ee_0}{z}\sin\frac{\delta}{2}\left(\alpha-\beta-\frac{\delta}{2}\right)$$

Soit alors, v_0, la vitesse moyenne linéaire du moteur synchrone (celle qui correspond au rayon de gyration); s le glissement, fonction périodique du temps, v la vitesse réelle au temps t, de sorte que $v = v_0(1 - s)$.

Pendant le temps dt, l'angle de phase $\beta + \delta$ variera de

$$d\delta = 2\pi N s\,dt$$
$$= s\,d\varphi$$

où $\varphi = 2\pi N t$, et N la fréquence de la force électromotrice appliquée e_0.

Soient :

m masse des pièces tournantes;

$M_0 = \frac{1}{2}mv_0^2$ en joules; sa valeur au temps t, à la vitesse $v_0(1 - s)$ sera

$$M = \frac{1}{2}mv_0^2(1-s)^2$$

et sa variation, pendant le temps dt, sera

$$\frac{dM}{dt} = -mv_0^2(1-s)\frac{ds}{dt}$$

d'où

$$\frac{dM}{dt} = -mv_0^2\frac{ds}{d\varphi}\frac{d\varphi}{dt}$$
$$= -2M_0\frac{ds}{d\varphi}\frac{d\varphi}{dt}$$

d'où l'on déduit aisément

$$\frac{dM}{dt} = -4\pi N M_0\frac{d^2\delta}{d\varphi^2}$$

or

$$\frac{dM}{dt} = P - p_0$$

n'est autre que l'excès de la puissance produite sur la puissance absorbée pendant le temps dt (principe des forces vives[1], d'où l'on tire

$$\frac{ee_0}{z}\sin\frac{\delta}{2}\sin\left(\alpha-\beta-\frac{\delta}{2}\right) + 2\pi N M_0\frac{d^2\delta}{d\varphi^2} = 0$$

En supposant δ très petit, cette équation pourra s'écrire :

$$\frac{ee_0}{z}\delta\sin(\alpha-\beta) + 4\pi N M_0\frac{d^2\delta}{d\varphi^2} = 0$$

et, en posant

$$a = \frac{ee_0\sin(\alpha-\beta)}{4\pi N z M_0}$$

on obtient l'équation différentielle

$$a\delta + \frac{d^2\delta}{d\varphi^2} = 0$$

Posons $\delta = Ae^{C\lambda}$, on aura

$$aAe^{C\lambda} + AC^2e^{C\lambda} = 0$$

ou

$$C = \pm\sqrt{-a}$$

1° Si $a < 0$

$$\delta = A_1e^{+m\lambda} + A_2e^{-m\lambda}$$

où

$$m = \sqrt{-a} = \sqrt{\frac{ee_0\sin(\beta-\alpha)}{4\pi N z M_0}}$$

Comme, dans ce cas, $e^{m\lambda}$ décroit constamment, le moteur synchrone est en équilibre instable et se décroche sans oscillation.

2° Si $a > 0$, on a

$$n = \sqrt{a} = \sqrt{\frac{ee_0\sin(\alpha-\beta)}{4\pi N z M_0}}$$
$$\delta = A_1e^{+jn\lambda} + A_2e^{-jn\lambda}$$

d'où

$$\delta = (A_1 + A_2)\cos n\lambda + j(A_1 - A_2)\sin n\lambda$$
$$\delta = B\cos(n\lambda + \mu)$$

Le moteur est en équilibre stable, en oscillant avec une amplitude constante B, et une fréquence, qui, pour de petites oscillations sera

$$N_r = nN$$

accouplé à des génératrices à courant continu ou monté en commutatrice, surtout si plusieurs de ces machines sont en parallèle. Supposons donc que, dans le cas général, la puissance mécanique consommée par la charge varie, dans la faible étendue de la variation de vitesse qui se produit pendant les pulsations, comme la puissance p^{me} de la vitesse ; l'auteur reprend le calcul dans ce cas [1] en supposant que la machine soit pourvue d'amortisseurs ; mais dans les machines où des courants de Foucault peuvent se produire par des oscillations du glissement, les mêmes considérations s'appliquent.

Il résulte des calculs de l'auteur (voir les notes ci-dessus) que, sous les conditions admises, une oscillation d'amplitude croissante ne peut se produire, mais qu'un moteur synchrone déplacé de phase y revient soit apériodiquement, soit par une oscillation d'amplitude décroissante ; ou bien il peut osciller avec une amplitude constante [1].

[1] Il en résulte un couple plus ou moins proportionnel à l'écart de la vitesse du synchronisme, de sorte que la puissance engendrée par le moteur est $P + P_1$, où $P_1 = c^2 s$ est la puissance produite par le moteur en tant qu'appareil asynchrone à glissement s. D'autre part dans les équations de la note précédente, P_0 devra être remplacé par $P_0 (1 - s)^p$ ou approximativement $P_0 (1 - ps)$, de sorte que l'on aura

$$P + P_1 - P_0 (1 - ps) = \frac{dM}{dt}$$

la nouvelle équation différentielle sera

$$a\delta + 2b \frac{d\delta}{d\varphi} + \frac{d^2\delta}{d^2\varphi} = 0$$

où

$$a = \frac{ee_0 \sin \overline{\alpha - \beta}}{4\pi N \varepsilon M_0}$$

$$b = \frac{c^2 + pP_0}{8\pi N M_0}$$

La solution s'obtient en posant $\delta = Ae^{C\lambda}$, C étant racine de l'équation.

$$a + 2bC + C^2 = 0$$

Si $a < 0$, le moteur est instable et se décroche.

Si $0 < a < b^2$, le moteur prend une position moyenne sans oscillation,

Si $a > b^2$, le moteur reprend sa vitesse normale après des oscillations d'amplitude

$$N_0 = \sqrt{\frac{Nee_0 \sin \overline{\alpha - \beta}}{4\pi\varepsilon M_0} - \frac{(c^2 + pP_0)^2}{64\pi^2 M_0^2}}.$$

[1] Dans ce cas, on doit avoir $b = 0$, et comme dans

$$b = \frac{c^2 + pP_0}{8\pi N M_0}$$

c^2 est positif ainsi que pP_0, il faut nécessairement que le numérateur renferme un terme négatif, de sorte que

$$b = \frac{c^2 + pP_0 - h^2}{8\pi N M_0}$$

Le terme négatif représente une puissance

$$P_2 = - h^2 s$$

c'est-à-dire un couple retardateur pendant les vitesses plus faibles, augmentant β, ou accélérateur pendant les vitesses plus fortes, ou diminuant β. La source de ce couple peut être trouvé, par exemple, dans le champ magnétique d'une génératrice à courant continu auto-excitatrice et actionnée par le moteur synchrone, surtout si elle en alimente l'excitation. On peut aussi l'obtenir du retard du champ du moteur synchrone sur la force magnétomotrice résultante.

Toute cause susceptible d'augmenter l'aire du cycle magnétique de la pulsation, telle que les courts-circuits autour des pôles augmente la stabilité d'un moteur stable et l'instabilité d'un moteur instable.

En introduisant le terme $- h^2$ dans les calculs, l'auteur arrive à des conclusions analogues aux précédentes. Le problème de la production des pulsations et de leur élimination réside dans l'étude de l'expression

$$b = \frac{c^2 + pP_0 - h^2}{8\pi N M}$$

tandis que la fréquence des pulsations est donnée par

$$N^{\circ} = \sqrt{\frac{Nee_0 \sin \overline{\alpha - \beta}}{4\pi\varepsilon M_0} - \frac{(c^2 + pP_0 - h^2)^2}{64\pi^2 M_0^2}}$$

Le décrochage apériodique correspondant à la condition ($b < 0$)

$$\left(\frac{h^2 - c^2 - pP_0}{8\pi N M_0}\right)^2 > a$$

a rarement été observé.

L'élimination des oscillations exige donc : 1° la réduction à sa plus petite valeur possible du terme h^2 ; 2° une valeur suffisamment grande de c^2 ou de pP_0.

La première condition dépend de la construction et de la distribution. Les deux autres conduisent à l'emploi d'artifices antipulsatoires, comme un enroulement de moteur asynchrone dans les inducteurs, des courts-circuits magnétiques entre les pôles, ou bien, à celui d'un accouplement électrique à un volant ou d'une transmission par courroie de la charge du moteur à l'appareil qu'il entraîne.

La fonction des résistances en dérivation et en série dans les parafoudres, par **Percy H. Thomas.** *Transactions of the Am. Inst. of Elec. Eng.*, t. XIX, p. 663-677, mai 1902.

L'auteur considère, dans cette communication, la suppression de l'arc qui tend à se produire à la suite d'une décharge simultanée à la terre de deux parties d'un circuit. Le principe des parafoudres destinés à réaliser cette suppression repose sur l'emploi de résistances en série et en dérivation, reliées à un parafoudre à intervalles d'air multiples [1].

La figure 1 indique le principe de l'appareil étudié par l'auteur. Il se compose de deux séries d'intervalles d'air en nombre égaux *a* *b* ; le plus rapproché de la terre *b* étant shunté par une résistance R_d ; une résistance R_s sépare l'appareil de la terre. En temps normal, les intervalles *a* s'opposent évidemment seuls à la rupture par l'air. Quand cette rupture se produit, il y a à peu près la même tension entre P et la terre que primitivement entre M et P ; l'expérience prouve, en outre, que la décharge passe toujours en *b* en même temps qu'en *a* ; mais il y a là deux décharges séparées quoique très rapprochées. Le courant de la ligne suivra la décharge statique et un arc se produira ; mais si la résistance R_d est convenablement établie, l'arc en *b* sera shunté et s'éteindra, de sorte que le courant sera forcé de passer dans R_s et R_d, son intensité sera affaiblie et l'arc disparaît aussi en *a*.

Pour déterminer ce qu'il appellera « le pouvoir d'extinction » d'un parafoudre, l'auteur étudie les différents éléments de ces appareils.

Dans un parafoudre à intervalles d'air non shuntés, ce pouvoir d'extinction de l'arc dépend des conditions physiques et chimiques de l'intervalle lui-même [2] et aussi des constantes du circuit auquel le parafoudre est connecté.

Les conditions du circuit dont dépend la valeur d'un parafoudre sont le voltage de la génératrice, l'intensité du courant de court-circuit, l'inductance que ce courant traverse, la fréquence de la force électromotrice, et le décalage au moment de la décharge [1].

L'auteur s'attache particulièrement à montrer le rôle de la résistance en dérivation, sur une partie du parafoudre à intervalles multiples ; et dans ce but, il a étudié les lois déterminant la

[1] L'auteur rappelle que M. H.-N. Potter avait découvert qu'en plaçant une résistance en dérivation sur un parafoudre on supprimait l'arc permanent; des applications en furent faites sur les interrupteurs de la Niagara Falls Power C°.

[2] Les métaux qui éteignent le plus facilement l'arc sont le Zn, Bi, Sb, Cd et Hg. Le Cu, Sn, Fe sont à rejeter : généralement, on prend des alliages de Zn et de Cu, parce que le premier se pique par l'arc, tandis que le second perle, de sorte que la surface reste toujours unie. Quant aux intervalles multiples l'auteur attribue leur efficacité au refroidissement énergique introduit par les bornes métalliques, au moment où le courant passe par zéro (il ne s'agit ici que des courants alternatifs).

Pour des intervalles compris entre 0,4 mm et 1,6 mm, le pouvoir varie un peu moins que la proportionnalité aux longueurs des intervalles individuels.

[1] L'auteur a examiné ces différentes conditions sur des parafoudres à intervalles d'air d'environ 0,8 mm.

Le nombre d'intervalles nécessaires pour éteindre un arc est à peu près proportionnel au voltage de la génératrice, les constantes du circuit restant les mêmes. Il est à noter que le voltage nécessaire pour obtenir une rupture diélectrique à travers le parafoudre suit, au contraire, une loi parabolique.

Le pouvoir extincteur varie d'autre part comme le courant de court-circuit pour des courants faibles avec un facteur de puissance faible ; il varie, au contraire, comme une puissance voisine de deux du courant de court-circuit pour des courants intenses et des facteurs de puissance voisins de l'unité. Le courant de court-circuit est déterminé d'autre part par la valeur totale du court-circuit que peuvent débiter sur la ligne non seulement l'ensemble des génératrices, mais encore les moteurs synchrones, les batteries d'accumulateurs et même les moteurs asynchrones dans certaines conditions. De là, l'utilité de la résistance en série à l'extrémité du parafoudre.

Avec un courant et un voltage donné, le pouvoir extincteur varie approximativement en raison inverse de l'inductance des circuits. Il en résulte que pour les distributions puissantes actuelles, où l'inductance est élevée, la capacité du système varie en raison inverse du pouvoir extincteur d'un parafoudre donné. Si on ajoute une inductance faible au parafoudre, l'énergie emmagasinée augmente l'intensité de l'arc : mais avec de fortes inductions, le courant se trouve fortement diminué et par suite aussi l'énergie emmagasinée $\left(\frac{1}{2} LI^2\right)$.

L'effet de la fréquence n'est pas très important sur les parafoudres, cependant l'expérience montre que les basses fréquences leur sont plus préjudiciables.

Enfin, la phase de la force électromotrice au moment de la décharge est d'une importance capitale, attendu que si elle se produit au moment où la force électromotrice passe par la valeur zéro, aucun courant ne peut suivre la décharge (la différence de potentiel entre le parafoudre et la terre ne passe pas nécessairement par zéro à ce moment-là).

*****

valeur du shunt nécessaire pour empêcher l'arc de se maintenir dans les intervalles d'air shuntés (voir fig. 1) (1).

L'auteur mesure ce pouvoir dérivatif (shunting power) du shunt par le nombre maximum d'ohms admissible dans le shunt par intervalle shunté.

La valeur de la résistance du shunt qui supprimera l'arc dans les intervalles shuntés est proportionnelle au carré du courant passant dans la partie shuntée immédiatement après la décharge. Cette résistance est un peu plus grande pour les faibles facteurs de puissance qui sont les plus préjudiciables aux parafoudres ordinaires.

Les expériences ont montré que le nombre des intervalles en série doit être à peu près le même que celui des intervalles shuntés. La fréquence n'a presque aucune influence sur le pouvoir dérivatif du shunt.

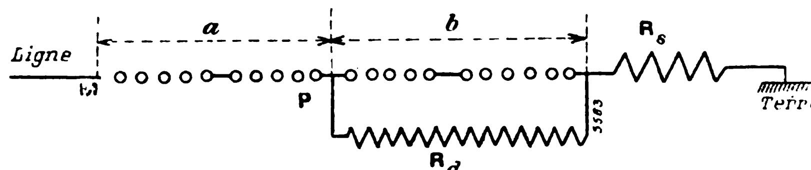


Fig. 1.

Cela étant, l'auteur indique la marche à suivre pour établir un modèle de parafoudre.

On déterminera d'abord le courant de court-circuit du système (2) et l'énergie potentielle $\left(\frac{1}{2} LI_n^2\right)$ du système. On choisira ensuite un nombre d'intervalles capables de supporter la tension maxima normale de la ligne, avec une marge convenable. Si, en lançant des décharges statiques à travers ces intervalles, l'arc du court-circuit ne s'éteint pas, on prendra pour le parafoudre définitif un nombre d'intervalles double, on en shuntera la moitié et on ajoutera une résistance en série. La résistance totale doit être telle que le courant de court-circuit ne puisse se maintenir à travers les intervalles non shuntés, *a* (fig. 1) avec l'énergie potentielle totale du système ; la plus grande portion de cette résistance constituera le shunt, en tenant compte des ohms par intervalle shunté, qui doivent être assez faibles pour rendre le shunt efficace. Le surplus constituera la résistance en série.

Après avoir décrit l'installation qui lui a servi pour ses expériences, l'auteur conclut qu'on est porté trop souvent à donner à la résistance en série une valeur exagérée, aux dépens d'une bonne protection pour laquelle il est dangereux de vouloir prévenir le court-circuit et l'arc dans le parafoudre ; le problème est, au contraire, de laisser cet arc se produire et de le supprimer ensuite le plus rapidement possible ; la combinaison des intervalles shuntés et d'une résistance en série résout heureusement ce problème.

P.-L. C.

(1) Pour cela, il faut tenir compte de la réaction de l'induit des génératrices, de la résistance et de l'inductance de la génératrice, de la ligne, des moteurs synchrones, des transformateurs, etc.

(2) Le passage de l'arc dans la partie shuntée *b* (fig. 1) créera une différence de potentiel à ses extrémités, une partie du courant sera déviée dans le shunt et la différence de potentiel ira en décroissant jusqu'à l'extinction de l'arc, parce que la résistance d'air dans les intervalles augmentera en même temps. Si le courant dans la partie shuntée est tout juste suffisant pour entretenir l'arc quand il n'y a pas de shunt, la présence de ce dernier supprimera évidemment l'arc ; tout le courant sera forcé de passer par le shunt et la résistance en série ; si le shunt a une résistance suffisante l'arc s'éteindra aussi dans les intervalles en série *a*.

Le wattmètre électrostatique dans les mesures commerciales, par **Miles Walker**. *Transactions*, t. XIX, p. 677-689, n° de mai 1902.

L'auteur de cette communication se propose de discuter les principes sur lesquels repose la construction d'un wattmètre électrostatique commercial et d'en indiquer quelques applications. Il s'attache surtout à exprimer les résultats en unités connues du commun des électriciens. Ainsi, dans un électromètre à quadrants, si V est la *ddp.* en volts entre l'aiguille et une paire de quadrants, V + *a*, la différence du potentiel entre l'aiguille et l'autre paire, le couple qui agit sur l'aiguille, est :

$$T = K[(v + a)^2 - v^2] = K[2aV + a^2]$$

Telle est aussi l'expression du couple, si on connecte un électromètre à quadrants à un circuit électrique suivant le schéma de la figure 1 où le courant passe à travers une résistance non inductive R, aux bornes de laquelle existera une différence du potentiel a. Si a est petit vis-à-vis de V on a

$$T 2kaV = 2Rk \times VI$$

On voit que si l'aiguille est suspendue de telle façon que sa déviation soit proportionnelle au couple elle le sera aussi à la puissance fournie au moteur.

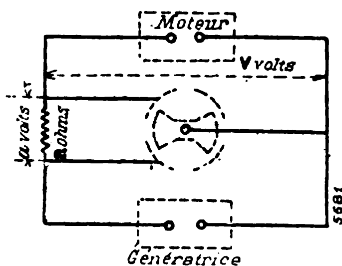


Fig. 1.

Dans le cas de courants alternatifs, V et a sont à remplacer par $V.\sqrt{2}.$ sin $2\pi nt$ et a sin $(2\pi nt + \varphi)$; en substituant et en prenant la valeur moyenne de l'intégrale entre o et 2π, on aura pour valeur moyenne du couple

$$T = 2Va \cos \varphi + a^2 = 2Rk \left(VI \cos \varphi + \frac{RI}{2}\right).$$

La lecture du wattmètre sera exacte quelle que soit la forme du courant, car le moment de torsion est proportionnel à chaque instant à la valeur instantanée de la puissance et la position de l'aiguille correspond à la moyenne des moments instantanés.

On voit que l'expression a^2 est indépendante de cos φ de sorte que, si φ est grand, il peut en résulter une erreur notable. La méthode à employer pour éliminer a^2 dépendra de la destination du wattmètre.

Pour les voltages élevés, on ne pourra utiliser qu'une partie de l'enroulement des transformateurs, afin d'éviter les décharges à travers l'air; le montage se fera comme il est indiqué figure 2. Si n est le rapport du voltage total au voltage correspondant au point de connexion avec l'aiguille, on mettra en série avec le transformateur du côté opposé aux connexions avec les quadrants une résistance non-inductive, telle que la chute de tension y soit $a\left(\frac{n}{2} - 1\right)$, on a alors

$$T = K\left[\left(\frac{V}{n} + \frac{a}{2}\right)^2 - \left(\frac{V}{n} - \frac{a}{2}\right)^2\right] = \frac{2kVa}{n}$$

où le terme a^2 est éliminé.

Le cas le plus simple est $n = 2$, et la résistance additionnelle est nulle, $a\left(\frac{n}{2} - 1\right) = o$; l'aiguille sera simplement connectée au milieu de l'enroulement.

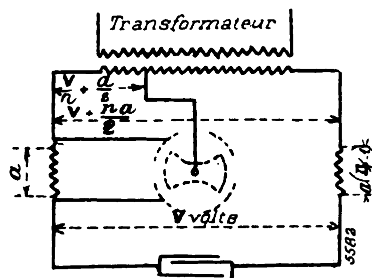


Fig. 2.

Dans d'autres cas, on peut insérer un ampèremètre dans le circuit et calculer a. $(a = RI)$.

La disposition de la figure 2 est surtout appropriée pour les mesures de pertes dans les diélectiques.

L'auteur rappelle que lorsqu'on mesure à la manière ordinaire la puissance d'un moteur tri-

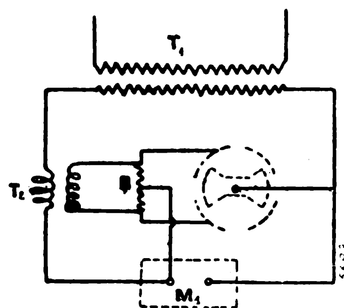


Fig. 3.

phasé, au moyen de deux lectures successives d'un wattmètre, l'une des lectures est négative, ou à facteur de puissance très faible si le moteur est faiblement chargé, et l'on a à prendre la différence de deux lectures toutes deux peu exactes.

Le wattmètre électrostatique peut être disposé pour des voltages aussi faibles que 100 volts, mais, pour augmenter le voltage a entre les quadrants, il sera bon d'employer le dispositif de la figure 3. M_1 est l'appareil récepteur, T_1 le transformateur générateur, T_2 un transformateur en série dont l'enroulement secondaire est connecté aux bornes d'une résistance R, connectée elle-même aux deux paires de quadrants, le milieu étant relié à l'entrée de l'appareil récepteur. Si a est le voltage aux bornes de R, il est aisé de voir que le couple du wattmètre sera

$$T = k\left[\left(V+\frac{a}{2}\right)^2 - \left(V-\frac{a}{2}\right)^2\right] = 2KVa.$$

Le transformateur en série peut être établi de façon que son emploi introduit des erreurs inférieures au 1 000ème pour des facteurs de puissance élevée et au 100ème pour les plus faibles.

La figure 4 indique le montage pour courants polyphasés avec deux aiguilles montées sur le même arbre.

Pour les mesures de puissances courantes, la suspension bifilaire est suffisante [1].

Les distances les plus employées entre les fils de suspension varient de 3 à 6 mm. L'aiguille doit être assez lourde, mais en même temps rigide et de faible inertie. Pour les bas voltages, on emploiera plusieurs aiguilles suivant le type multicellulaire.

En repassant les diverses précautions à prendre dans la construction des instruments électrostatiques, l'auteur insiste sur l'importance qu'il y a à éviter les décharges lentes par l'air, qui se produisent à des tensions bien plus faibles que les décharges visibles; à 10,000 volts il faut, au moins, 25 mm entre l'aiguille et les quadrants. L'auteur estime que la plupart des déboires rencontrés dans l'emploi de ces appareils pour les hautes tensions proviennent de ces

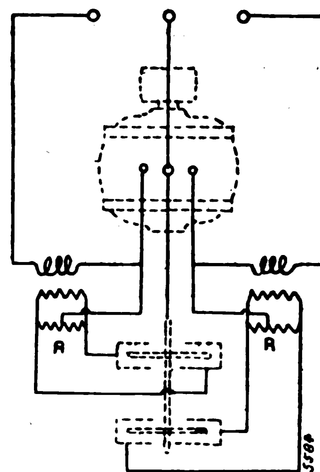


Fig. 4.

décharges dues à une mauvaise construction (arêtes non émoussées, poli insuffisant, présence d'humidité, etc.) P.-L. CHARPENTIER.

(1) Mais il y a quelques précautions à observer. L'auteur donne l'expression suivante du moment du couple en grammes centimètre, pour de petites déviations θ :

$$M = \frac{1}{4}(1 - m^2)\frac{Pyz^0}{L}\sin\theta$$

où m est le rapport de la différence à la somme des tensions des fils, P le poids total de l'aiguille en grammes, y l'écartement des fils au sommet, z, l'écartement à la base, L la longueur des fils. Il est donc très important que les tensions des fils soient aussi égales que possible et pour cela, l'on suspend la pince qui serre les fils, à de petites bandes de bronze phosphoreux très éloignées l'une de l'autre.

DEUTSCHE ELEKTROCHEMISCHE GESELLSCHAFT

CONGRÈS DE WURZBURG [1]

Sur l'élément normal, par le professeur Dr **R. Luther**. *Zeitschrift für Elektrochemie*, t. VIII, p. 493.

L'auteur recherche l'influence des impuretés dans les substances employées. Soit deux éléments Clark placés en opposition (fig. 1), celui de droite renfermant une impureté, de la glycérine, par exemple. Si la glycérine exerce une influence sur la force électromotrice, l'élément double aura une force électromotrice ; il n'en aura pas dans le cas contraire. Par le passage d'une quantité d'électricité égale à 2 F dans le sens de la flèche, 2 équivalents de mercure se dissolvent à gauche pendant que 2 autres se précipitent à droite. Il y a ainsi transport du mercure de gauche à droite sans qu'aucun travail soit nécessaire. A gauche, une molécule Hg^2SO^4 précipitera tandis qu'une autre se dissoudra à droite ; ce nouveau transport aura lieu sans consommation de travail. Dans les mêmes conditions, une molécule de zinc est transportée de gauche à droite. On ne peut

(1) Voir *L'Éclairage Électrique*, t. XXXIII, p. 286 et 357, 22 novembre et 6 décembre.

en dire autant du sulfate de zinc car, par le passage du courant, c'est uniquement 1 molécule $ZnSO^4$ qui est transportée de gauche à droite, et non le $ZnSO^4 + 7$ aq. solide. Pour transporter celui-ci, nous devons faire passer, par distillation isotherme, 7 molécules d'eau de gauche à droite, ce qui représente un travail de $7 \, RT \log_{nép.} \frac{p_e}{p_r}$ en appelant p_e et p_r les tensions respectives de la vapeur d'eau au-dessus des éléments de gauche et de droite.

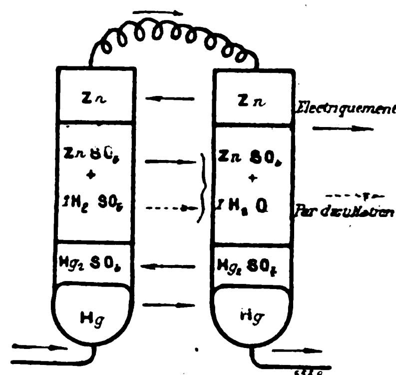


Fig. 1.

π étant la différence des forces électromotrices des deux éléments, on a évidemment

$$2\pi F + 7 \, RT \log_{nép} \frac{p_r}{p_r} = 0$$

La différence de force électromotrice des éléments pur et impur dépend seulement du rapport des tensions de vapeur, l'élément ayant la plus haute tension de vapeur étant celui qui possède la force électromotrice la plus élevée.

L'auteur a vérifié cette formule avec un élément Clark renfermant comme impureté 50 p. 100, en volume, de glycérine. La différence des forces électromotrices était de 0,00744 volt à 25°, ce qui donne pour le rapport des tensions 1 : 1,09, tandis que la mesure directe effectuée par Morse a donné 1 : 1,10. La seule condition de validité de la formule est qu'il y ait encore de l'hydrate solide au fond. Ainsi l'addition d'une substance qui forme un sel double donne la même loi. En ajoutant à l'élément au cadmium du nitrate de sodium, il se forme un sulfate double de cadmium et de sodium ; la force électromotrice baisse de 0,0060 volt, ce qui donne $\frac{p_1}{p_2} = 1{,}20$ alors que l'expérience directe donne également 1,20 d'après Hindmarsh.

De la formule ci-dessus, l'auteur tire encore une autre conséquence. Si la substance déposée correspondante au sulfate de zinc de l'élément Clark ne renferme pas d'eau de cristallisation, le coefficient du deuxième membre de l'équation est nul, et par conséquent, le premier l'est également. Ce qui signifie que la force électromotrice des éléments renfermant des solutions saturées de substances déposées exemptes d'eau de cristallisation, doit être absolument indépendante des impuretés, c'est-à-dire du dissolvant. Cette loi a été énoncée pour la première fois par Bucherer. Un tel élément peut être représenté par exemple par

Tl, TlCl, HgCl, Hg.

Mais cette combinaison a comme inconvénient ce fait que la solution saturée de chlorure de thallium est très étendue. D'après ce qui a été dit plus haut, on peut remédier à cet inconvénient sans faire varier la force électromotrice par l'addition d'un chlorure soluble quelconque.

Des éléments semblables, mais sans addition d'un chlorure soluble ont été déjà proposés par Mac Intosh. Dans des recherches actuelles, von Babinski a trouvé une série de tels éléments parfaitement utilisables ; les corps les plus favorables à employer sont les sels haloïdes et les sulfates de thallium, plomb et mercure. Ces éléments ont aussi un très petit coefficient de température, ce qui était à prévoir d'après les considérations de Nernst et Bodländer sur l'énergie de formation des sels difficilement solubles. L. J.

Sur les propriétés du brome soumis à des décharges de haute tension, par **K. Kellner**. *Zeitschrift f. Elektrochemie*. t. VII[1], p. 500, 24 juillet 1902.

L'auteur a déjà trouvé antérieurement que le chlore pur et sec prend sous l'influence des courants de haute tension des propriétés que n'a pas le chlore ordinaire. C'est ainsi, par exemple, qu'il peut former l'acide chloracétique dans l'obscurité, tandis que le chlore ordinaire exige l'action de la lumière solaire.

Il expose ici des recherches qu'il a entreprises dans ce sens avec le brome chimiquement pur. La vapeur sèche de ce corps était condensée dans des vases en verre à double paroi,

genre des tubes à ozone de Siemens, et dont le verre était choisi exempt de plomb. La figure 1 montre deux formes différentes de ces vases.

Les tubulures *a*, *a'* communiquaient avec l'appareil producteur de vapeur sèche de brome, pendant que les tubulures *b* et *b'* étaient mises en relation avec une pompe à air. Les deux conduites pouvaient être fermées par des robinets en verre. Avant leur utilisation, les vases étaient soigneusement lavés à l'alcool et à l'éther puis séchés.

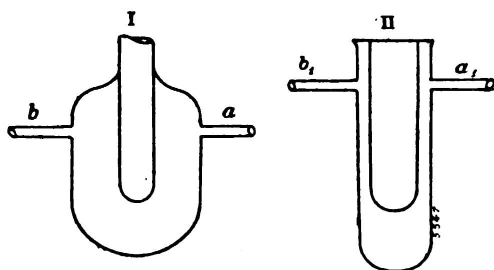


Fig. 1.

Dès qu'une certaine quantité de brome était distillée, on fermait le robinet communiquant à la cornue de distillation et on ouvrait le côté de la pompe à air de façon à évacuer le brome qu'on chauffait en même temps. Quand tout le brome était absorbé par la pompe à air, on introduisait à nouveau du brome frais de la cornue et on répétait plusieurs fois ces opérations de sorte que toute trace d'air était éliminée et le tube ne renfermait que de la vapeur de brome.

Les tubulures étant fermées, le vase était placé dans un récipient contenant de l'eau faiblement acidulée ; on remplissait de cette même solution l'espace intérieur du vase à brome. Deux conducteurs plongeant dans ces solutions permettaient de maintenir une tension de 250000 à 300000 volts par transformation d'un courant alternatif de 7 à 14 ampères sous 50 volts, avec une fréquence de 40 à 50 périodes par seconde.

Après quelques jours, quelques heures dans certaines conditions, il se forme un dépôt de couleur jaune soufre qui s'applique particulièrement aux parties horizontales du tube et se présente sous forme de petits cristaux,

Afin de s'assurer que le phénomène n'est pas dû à la présence d'un corps étranger, l'auteur a réalisé la disposition de la figure 2 : les deux tubes A et B sont reliés par le tube *r*, de façon à faire communiquer les deux réservoirs de brome et à faire distiller celui-ci d'un tube dans l'autre. Après la première distillation opérée pendant la décharge électrique, il ne se formait aucun résidu dans le tube de verre qui apparaissait complètement clair. Après quelques distillations cependant, commençait à apparaître une pellicule jaune dont l'augmentation progressive montrait clairement que la formation de ce corps solide a pour cause les décharges électriques et qu'il se compose de petits cristaux qui, vers le bas, sont lavés par le brome condensé sur la paroi de verre, car les tubes considérés sont refroidis.

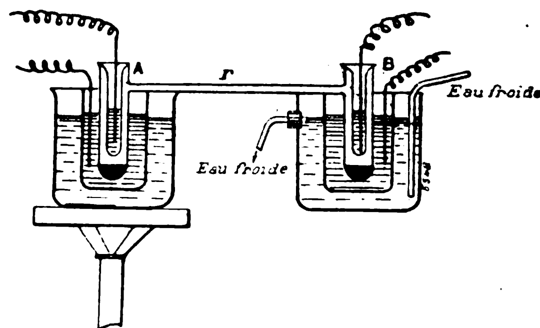


Fig. 2.

Cette combinaison ne provient nullement du verre. Si celui-ci n'était pas exempt de plomb, il pourrait se former du bromure de plomb et du bromure de silicium, corps dont les propriétés chimiques diffèrent totalement de celles du nouveau corps ; mais ce n'est pas le cas ici.

Discussion. — Ostwald demande si la nouvelle substance formée se conserve longtemps.

L'auteur répond affirmativement et montre un tube dans lequel la matière est depuis un mois et n'a pas diminué.

Ostwald conclut que ces expériences tendent à démontrer la possibilité d'obtenir des formes isomériques du chlore ou du brome.

Pour le chlore, la variation des propriétés de celui-ci est comparable à celle que subit l'oxygène par l'ozonisation. Le corps solide que l'on obtient avec le brome d'après les expériences décrites ici peut être provoqué par la présence du verre.

Knietsch cite ce fait qu'il a obtenu de beaux petits cristaux déposés sur les parois d'un tube en verre dans lequel du chlore était laissé au repos depuis très longtemps. L. J.

Le Gérant : C. NAUD

TABLE MÉTHODIQUE DES MATIÈRES [1]

ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME

Théories et Généralités.

Conducteurs, Électrolytes et Diélectriques.

[1] Les titres des matières publiées dans la *Littérature des Périodiques et des Brevets* sont suivis des indications (*p*) ou *b*); les analyses publiées dans la *Bibliographie* sont indiquées par un (B).

Décharge électrique.

Oscillations hertziennes.

Rayons cathodiques, Rayons Rœntgen, Rayons Becquerel, etc.

Magnétisme.

Sources d'électricité.

Génération et Transformation de l'énergie électrique.

Électro et Magnéto-optique.

APPLICATIONS

Génération et transformation de l'énergie électrique.

Transmission et Distribution.

Applications mécaniques.

Traction et Propulsion.

Télégraphie et Téléphonie.

Applications thermiques.

Électrochimie et Électrométallurgie.

MESURES

DIVERS

Sociétés savantes, techniques et industrielles.

Expositions, Concours, Prix, Laboratoires.

Bibliographie.

Divers.

TABLE DES NOMS D'AUTEURS

C

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

T

Tome XXXIII — Samedi 4 Octobre 1902. — 9e Année — N° 40

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

SOMMAIRE

Pages.

Adresser tout ce qui concerne la Rédaction à M. J. BLONDIN, 171, Faubourg Poissonnière (9e arrondissement).

M. BLONDIN reçoit, 3, rue Racine, le jeudi, de 2 à 4 heures.

NOUVELLES ET ÉCHOS

Société industrielle de Mulhouse (Prix à décerner en 1903). — Parmi les 121 questions mises au concours par cette société, nous signalons les suivantes :

55. — Médaille d'argent pour une application nouvelle quelconque de l'électricité dans l'industrie du blanchiment, de la teinture et de l'impression.

57. — Médaille d'honneur pour un nouveau système de chaudière fixe fonctionnant en Alsace, d'un type autre que celui à bouilleurs, et dont le rendement atteigne 80 p. 100 de la chaleur totale de combustion des houilles brûlées sur sa grille. Cette chaleur sera déterminée par évaluation calorimétrique directe.

Deux chaudières du type présenté au concours devront avoir fonctionné pendant au moins un an dans deux établissements différents.

Elles devront être faciles à nettoyer et offrir autant d'élasticité dans la production de la vapeur que la chaudière à bouilleurs, et présenter des garanties suffisantes au point de vue de la sécurité et de la durée de l'appareil.

Les frais d'entretien et de réparation ne pourront dépasser ceux d'un générateur du type à bouilleurs de même puissance, et le prix d'établissement devra être susceptible d'être amorti dans un laps de temps de six années au plus par le bénéfice résultant d'un meilleur rendement, s'il est supérieur à celui d'une chaudière à bouilleurs produisant la même quantité de vapeur.

58. — Médaille d'honneur pour un appareil indicateur totalisateur du travail des machines à vapeur.

L'appareil devra donner à la fin de la journée un tracé qui, en permettant de retrouver le détail des éléments du travail pendant une partie quelconque de la période entière, totaliserait les ordonnées moyennes et le chemin parcouru [1].

Ces deux facteurs ainsi obtenus permettraient par un simple calcul de déterminer le travail.

L'appareil devra avoir été employé avec succès pendant un an en Alsace.

59. — Médaille d'argent pour l'application, dans un établissement industriel de l'Alsace, d'un moteur à gaz pauvre d'une puissance de 250 chevaux au moins, présentant des avantages sur l'emploi de moteurs à vapeur de même puissance, tant au point de vue de la dépense en combustible qu'à celui de l'installation et de l'entretien.

Le moteur devra avoir fonctionné industriellement pendant un an.

60. — Médaille d'honneur pour un système de chauffage des chaudières à vapeur, soit par transformation préalable des combustibles à gaz, soit par chargement mécanique, donnant, sur les procédés en usage dans la région, une économie sensible, qui devra être constatée au moins dans deux établissements industriels en Alsace par un fonctionnement de deux années au minimum.

74. — Médaille d'argent pour un mémoire traitant de la dépense comparative d'une installation électrique et d'une installation de gaz d'éclairage, gaz acétylène, gaz à l'eau, etc., destinées les unes et les autres à fournir la lumière à un établissement industriel.

L'installation devra comprendre au moins 300 lampes et devra, dans les deux cas, être étudiée avec soins.

Les différents genres d'éclairage électrique seront à traiter et leurs dépenses d'exploitation à comparer avec celles du gaz produit à l'usine et avec celles de de la même installation branchée sur la canalisation d'une usine à gaz.

Un chapitre spécial sera consacré à la comparaison des intensités de lumière et d'éclairement obtenus dans les différents cas.

75. — Médaille d'honneur pour un système d'allumage automatique, aussi simple que possible, des conducteurs de seconde classe. Le dispositif de chauffage ne devra pas être mobile ni entourer le corps incandescent de manière à intercepter une partie de la lumière. On évitera également autant que possible tout système électromagnétique. L'allumage en question devra s'adapter aussi bien au courant continu qu'au courant alternatif et avoir une durée moyenne d'au moins 1 000 heures. Si l'allumage fait partie du corps incandescent même, ce dernier aura une durée moyenne minima de 250 heures et devra être d'un prix très abordable.

Le prix ne sera accordé que si cinq exemplaires de la lampe en question auront été fournis à la Société industrielle.

76. — Médaille d'honneur ou d'argent et la somme de 500 fr pour la commande électrique d'une machine à imprimer, d'une machine à papier ou de toute autre machine à vitesse très variable par un moteur triphasé alimenté à fréquence et tension constantes.

Pour un couple donné, qui à la vitesse de régime correspondra au moins à dix chevaux, et des vitesses variables (par un moyen électrique) du simple au quintuple, le rendement du moteur y compris les pertes accessoires dans les résistances, etc. ne sera jamais inférieur à 0,40 et son facteur de puissance jamais inférieur à 0,40. A vitesse normale et pour le couple normal mentionné ci-dessus, le rendement et le facteur de puissance seront d'au moins 0,75.

[1] Les dynamomètres à ressorts ne remplissent pas ces conditions et seront rejetés *a priori*.

industriels par le Service des Mines de France, les établissements de Naeyer et Cie ont remanié leur type de chaudière de manière à donner satisfaction aux *desideratas* formulés.

Des essais de vaporisation, faits les 4 et 5 octobre 1901, par l'Association pour la surveillance des chaudières à vapeur, sous la direction de M. R. Vinçotte, sur une chaudière avec réchauffeur d'eau et surchauffeur de vapeur, ont donné les résultats ci-dessus.

Rendement des transmissions par vis sans fin. — Les ateliers de construction Oerlikon ont fait dernièrement une série d'essais qui avaient pour but de déterminer le rendement des transmissions par vis sans fin fabriquées dans leurs ateliers. Les résultats de ces essais sont réunis dans le tableau ci-dessous. La transmission par vis sans fin sur laquelle ces essais ont été faits était destinée à un treuil d'extraction.

Numéro de la lecture.	Courant absorbé par le moteur.	Puissance absorbée par le moteur.	Pertes dans le moteur.	Puissance débitée par le moteur puissance absorbée par la transmission p. vis sans fin.		Puissance débitée par la transmission par vis sans fin.	Pertes dans la transmission par vis sans fin.	Rendement total	Rendement du moteur.	Rendement de la transmission par vis sans fin.	Observations
	amp.	watts	watts	watts	chevaux	watts	watts	o/o	o/o	o/o	
1	16,7	1 155	1 155	0	—	—	—	—	—	—	Marche à vide du moteur.
2	17,0	1 680	1 160	520	0,7	0	520	0	31,0	0	Moteur et transmission par vis sans fin.
3	17,7	3 360	1 170	2 190	3,0	1 670	520	49,7	65,2	76,2	Moteur, transmission, courroie et générateur à courant continu non excité.
4	18,7	5 250	1 200	4 050	5,5	3 530	520	67,2	77,2	87,0	Générateur à courant continu avec excitation maxima.
5	25,7	12 160	1 570	10 590	14,4	10 250	340	84,2	87,0	96,8	Les essais entre les nos 3 et 4, destinés à déterminer les pertes dans le fer du générateur à courant continu, ne sont pas mentionnés ici.
6	33,5	18 450	2 020	16 430	22,3	15 600	830	84,6	89,1	94,9	
7	40,7	23 100	2 470	20 630	28,0	19 350	1 280	83,8	89,5	93,6	
8	46,3	26 650	2 940	23 710	32,2	22 400	1 310	84,0	89,0	94,5	
9	55,0	30 650	3 470	27 180	36,8	24 800	2 380	81,0	88,6	91,3	
10	62,0	30 100	4 320	31 780	43,1	29 350	2 430	81,3	88,0	92,2	

Projet de chemin de fer électrique de Villefranche à Bourg-Madame (Pyrénées-Orientales). — Une enquête d'utilité publique a été ouverte récemment, sur un avant-projet de chemin de fer électrique de Villefranche-du-Conflent à Bourg-Madame. — De ce projet nous extrayons les deux documents suivants :

Devis descriptif. — *Tracé — Profils en long et en travers.* — Le chemin de fer qui fait l'objet du présent devis est compris entre Villefranche et Bourg-Madame, mais comme l'infrastructure, sauf les ponts métalliques, est terminée pour un chemin de fer à voie normale entre Villefranche et Joncet, l'avant-projet étudié ne comporte que l'infrastructure à partir du point terminus de la voie exécutée qui, entre Villefranche et Joncet, a une longueur de 6 161,30 m, et la fin de la station de Bourg-Madame, sur une longueur totale approximative de 40 km 786 m. La longueur totale de la superstructure est donc de 47 km 037,30 m.

Le tracé se raccorde à Joncet, à l'extrémité de la voie en cours d'achèvement, se dirige vers le plateau supérieur de la Bastide, franchit la rivière de la Tet et atteint Olette qui sera desservi par une station ; le tracé franchit de nouveau la rivière de la Tet et plonge le pied du coteau jusqu'à la vallée de Nyer, à l'entrée de laquelle est prévue une station.

La vallée de Nyer franchie, le tracé se développe toujours sur la rive droite jusqu'à Fontpédrouse en franchissant le passage des graüs par deux ponts et deux souterrains. Des haltes sont prévues aux deux établissements des bains des graüs de Canaveilles et

de Thuès et une station à Thuès. A Fontpédrouse, le tracé traverse la rivière pour atteindre la station projetée au-dessous du village, retraverse la rivière pour éviter des terrains d'éboulis et revient, par une autre traversée sur la rive gauche qu'il remonte sous la route nationale n° 116 par le col de la Cassagne, pour aboutir à la rivière de la Tet, traversée une dernière fois au pont en bois, et de là à « Las Moulines » où est établie la station Mont-Louis-La-Cabanasse.

Une halte est prévue en face de Saint-Thomas. De la station de Mont-Louis-La-Cabanasse, le tracé gagne directement la Perche, point culminant de la ligne, descend au-dessous de Bolquère, remonte un peu la vallée d'Eyne, gagne le col Rigat et descend sur Saillagouse.

Des stations sont prévues au col de la Perche, à Eyne et à Saillagouse. Après avoir traversé le Sègre, le tracé se dirige sur Err, desservi par une station, traverse la rivière au-dessous du village, gagne le col de Llous, descend à l'oratoire de Sainte-Léocadie, passe au col entre Consellabre et Pla-de-Mèdes, contourne le coteau sous Nahuja jusqu'auprès d'Osséja et se dirige directement vers Bourg-Madame, point terminus de la ligne, sur la rive gauche du Sègre, le long de la route nationale 116.

Note explicative. — Le chemin électrique à voie de un mètre projeté entre Villefranche-du-Conflent et Bourg-Madame remplacera, en le prolongeant jusqu'à la frontière, le tronçon de chemin de fer à voie normale de Villefranche à Joncet qui avait été compris dans la concession faite à la Compagnie des chemins de fer du Midi par la Convention de 1883. Il sera incorporé au réseau du Midi pour être exploité électriquement par ladite Compagnie.

Tracé. — Le tracé part de la station actuelle de Villefranche où s'effectuera le transbordement entre la voie large et la voie étroite.

Il emprunte d'abord la plateforme exécutée pour voie large entre Villefranche et Joncet ; à partir de Joncet il se continue, comme l'indiquent les documents soumis à l'enquête, en profitant des conditions de courbure et de déclivités qu'autorisent l'adoption de la voie étroite et de la traction électrique et qui rendent seules possible, dans des conditions acceptables de dépense, l'exécution d'un chemin de fer dans cette région.

Douze stations sont prévues à : Joncet, Olette, Nyer, Thuès, Fontpédrouse, Mont-Louis-La-Cabanasse, La Perche, Eyne, Saillagouse, Err, Osséja, Bourg-Madame, et cinq haltes à Canaveilles (bains), Thuès (bains), Saint-Thomas, Sainte-Léocadie et Nahuja.

La longueur totale du tracé entre Villefranche et Bourg-Madame est d'environ 47 km.

La largeur de la voie est de 1 m entre les bords intérieurs des rails.

Le rayon minimum des courbes est de 80 m.

Le maximum des déclivités est de 80 mm par mètre. Cette déclivité maximum est prévue sur environ 5 500 m, soit 13 p. 100 de la longueur totale.

Exploitation. — La ligne sera exploitée électriquement. L'énergie électrique produite dans une usine hydro-électrique à établir au bord de la Tet en dessous du village de Sauto sera transmise aux trains par un troisième rail placé à côté de la voie.

Alimentation en eau. — L'enquête d'utilité publique porte sur les dispositions prévues pour la création de la force motrice comme sur l'établissement de la ligne ferrée.

D'après l'avant-projet l'eau sera prise dans la Tet, à l'aval du Moulin de la Llagonne et conduite par un canal à faible pente aux abord du village de Sauto, d'où une conduite forcée en tôle d'acier l'amènera sous une charge d'environ 420 m à l'usine génératrice.

Le volume à dériver de la rivière pendant les périodes actives de l'exploitation sera de 300 litres par seconde jour et nuit.

La rivière ne pouvant fournir ce débit pendant les étiages d'été et d'hiver, on établira dans les marais de la Bouillouse un réservoir auquel on empruntera, suivant les besoins, le volume d'eau à déverser dans la rivière pour obtenir la force motrice nécessaire.

Cette eau n'étant pas absorbée par l'usine hydro-électrique qui se bornera à utiliser la chute, améliorera évidemment la situation des arrosants et des usiniers placés en aval de l'usine. D'après les prévisions de l'avant-projet, une réserve de 5 à 6 millions de mètres cubes serait suffisante pour assurer le fonctionnement normal du chemin de fer électrique. Toutefois, si l'on trouve chez les intéressés le concours qu'ils paraissent devoir donner, on prévoit la construction du réservoir des Bouillouses avec la capacité totale de 13 millions de mètres cubes, permettant d'emmagasiner la totalité de l'eau reçue par son bassin versant.

Cette solution permettra, au besoin, d'augmenter le débit au delà des prévisions actuelles, l'intensité de l'exploitation électrique, et elle aura un avantage évident pour les arrosants et les usiniers.

Dépense. — La dépense d'établissement, abstraction faite de l'infrastructure entre Villefranche et Joncet, est évaluée à 8 833 000 fr, y compris le matériel roulant et les travaux de l'alimentation en eau et de l'usine.

Clôture. — A raison du danger que présenterait pour les personnes et pour les animaux tout contact avec le rail de prise de courant, la ligne sera clôturée sur toute la longueur.

Législation des chutes d'eau. — Dans le précédent numéro, nous avons publié (p. LIII) le texte du projet de loi du gouvernement. Nous donnons ci-dessous le projet de loi, dit de Grenoble ou de la licitation, dont M. Michaud s'est fait l'ardent défenseur et qui semble avoir l'approbation de la majorité des industriels, intéressés à la question :

Chapitre premier. — *De la licitation des droits de riveraineté.*

Article premier (conforme à l'ancien projet). — Celui dont l'héritage est traversé par un cours d'eau non navigable et non flottable peut se servir de la chute d'eau déterminée par le niveau moyen d'entrée sur le fonds et le niveau moyen de sortie.

Si le cours d'eau sépare deux héritages n'appartenant pas au même propriétaire, le droit de se servir de la chute appartient à chacun d'eux par indivis sur tout le parcours commun, le tout sauf titre ou possession contraire.

Dans tous les cas, l'exercice de ce droit est subordonné à l'autorisation administrative donnée dans les termes des lois et règlements existants.

Art. 2. — Tout riverain du cours d'eau peut demander que les droits appartenant aux riverains en vertu de l'article précédent, sur une section déterminée du cours d'eau comprenant la partie qui baigne son héritage, fassent l'objet d'une licitation.

La demande en licitation sera formée par simple requête adressée au tribunal. Elle déterminera la section du cours d'eau pour laquelle la licitation est réclamée ; elle sera accompagnée d'un plan, dressé par les soins du demandeur, qui sera déposé au greffe du tribunal. Elle sera publiée dans les formes indiquées à l'article 6 de la loi du 3 mai 1841. Une copie de la demande et des pièces qui l'accompagnent sera en outre déposée à la préfecture du département. Il sera donné récépissé de ce dépôt.

Art. 3. — Dans les trois mois de la publication indiquée à l'article précédent, tout riverain de la section peut, sous forme de requête adressée au tribunal et déposée en copie à la préfecture, réclamer contre le sectionnement proposé, ou demander que la licitation se fasse sur une section différente de celle qui a été déterminée par le demandeur originaire. Toute demande indiquant un nouveau sectionnement devra être publiée dans la même forme que la demande originaire.

Art. 4. — Dans les trois mois du dépôt effectué à la préfecture en vertu de l'article 2, l'administration devra procéder à une enquête, ayant pour objet de déterminer les avantages et les inconvénients des divers sectionnements proposés, et d'examiner si elle doit user du droit qui lui est confié par l'article 5 ci-après. Si les demandes concurrentes sont formées, le délai de trois mois sera prolongé de plein droit

jusqu'à l'expiration du délai d'un mois à partir du dépôt à la préfecture de la dernière demande. Les formes de l'enquête seront réglées par un règlement d'administration publique.

Art. 5. — A l'expiration de l'enquête, l'administration pourra déclarer qu'elle s'oppose à la licitation.

Dans ce cas, le tribunal sera dessaisi de plein droit, mais l'administration devra, dans l'année à partir de sa déclaration, obtenir la déclaration d'utilité publique d'ouvrages ayant pour objet l'utilisation de la force motrice du cours d'eau sur un parcours comprenant au moins en partie le tronçon dont la licitation était demandée. Faute de quoi le tribunal, saisi sur simple requête par la partie la plus diligente, pourra prononcer la licitation sans nouvelle enquête, mais après un délai d'un mois accordé à l'administration pour déposer son rapport sur le sectionnement.

Si l'administration ne s'oppose point à la licitation ou si elle n'a pas obtenu la déclaration d'utilité publique dans le délai prévu au paragraphe précédent, le préfet transmettra au procureur de la République le rapport de l'administration sur le sectionnement du cours d'eau. Ce rapport restera déposé pendant huit jours au greffe du tribunal, où tous les intéressés pourront en prendre connaissance et y joindre leurs observations.

Art. 6. — La huitaine expirée, et sur la requête de la partie s'il n'y a qu'une seule demande, ou s'il y en a plusieurs sur un simple acte d'avoué à avoué, signifié par la partie la plus diligente, le tribunal, après avoir entendu le ministère public et, s'il y a lieu, les observations orales présentées par les parties, statuera sur le sectionnement et ordonnera la licitation par un jugement qui ne sera susceptible ni d'opposition, ni d'appel. Dans le même jugement, il commettra un juge commissaire de la licitation et de ses suites, et un ou trois experts chargés de préparer le cahier des charges de la licitation. Ce jugement sera publié dans les formes prescrites à l'article 2.

Art. 7. — Les experts déposent au greffe du tribunal un rapport, présentant le projet du cahier des charges de l'adjudication. Ce cahier des charges contient : 1° la désignation du cours d'eau et du sectionnement; 2° l'estimation et la mise à prix ; 3° l'indication du cautionnement à verser par ceux qui doivent prendre part à l'adjudication ; 4° l'indication des bases sur lesquelles le prix devra être réparti entre les co-riverains ; 5° la mention que les frais de poursuite seront imputés et prélevés par privilège sur le prix de la vente.

Art. 8. — Le rapport ne peut être expédié ni signifié. Avis du dépôt du cahier des charges est publié, dans la forme prescrite par l'article 2 ci-dessus, à la diligence du greffier. Cet avis fait mention que tous intéressés doivent, dans le mois qui suit cette publication, prendre communication du rapport et du projet du cahier des charges sans déplacement, et qu'ils peuvent aussi, avec l'assistance d'un avoué, faire telles observations et réquisitions qu'ils jugeront convenables sur un procès-verbal dressé à cet effet au greffe du tribunal. Le mois expiré, le tribunal, après avoir entendu le juge commissaire, le ministère public, et, s'il y a lieu, les observations orales présentées par les parties, statue sur le rapport, sur le cahier des charges et sur les demandes qui ont pu être formées par les intéressés. Il fixe, dans le même jugement, le jour de la licitation. Le jugement n'est pas signifié ; il n'est susceptible ni d'opposition, ni d'appel.

Art. 9. — Dans la huitaine de ce jugement, des placards annonçant la licitation sont publiés, à la diligence du greffier, dans les formes prescrites à l'article 2 ci-dessus. Toute personne physique ou morale, de nationalité française, sera admise à la licitation, à condition d'avoir versé le cautionnement prévu par le cahier des charges.

Si la mise à prix n'est pas couverte, il ne pourra y avoir aucune baisse de mise à prix. Les frais de la procédure précédente seront dans ce cas supportés par les demandeurs dans les proportions fixées par le tribunal.

Art. 10. — Les actions en résolution, en revendication ou toute autre action sur les immeubles riverains ne peuvent arrêter la licitation ni en empêcher l'effet; le droit des réclamants est transporté sur le prix, et le droit de se servir de la chute est taansféré à l'adjudicataire franc et libre de toutes charges.

Art. 11. — Le prix d'adjudication est acquitté entre les mains des ayants-droit, avant tout commencement d'exécution des travaux d'aménagement de la chute. S'ils se refusent à le recevoir, les travaux pourront être commencés après offres réelles et consignation. S'il y a, sur les immeubles riverains, des inscriptions hypothécaires, ou s'il se présente tout autre obstacle au paiement, la somme due par l'adjudicataire sera versée à la caisse des dépôts et consignations, pour être distribuée ultérieurement dans les conditions du droit commun, et les travaux d'aménagement de la chute pourront commencer immédiatement après ce dépôt.

Art. 12 (ancien art. 7 modifié). — L'adjudicataire sera tenu, dans les deux mois de l'adjudication définitive, de demander l'autorisation administrative pour

l'établissement des ouvrages nécessaires à l'utilisation de la chute, et de se conformer aux délais qui lui seront imposés par l'Administration pour la construction de ces ouvrages. Faute de quoi une nouvelle adjudication pourra être accordée par le tribunal, sur la demande de tout riverain de la section, où sur la demande du préfet.

ART. 13 (ancien art. 8). — Dans le cas où une nouvelle adjudication sera ordonnée en exécution de l'article précédent, elle se fera dans les mêmes formes que l'adjudication primitive. Sur le prix de l'adjudication nouvelle, il sera tenu compte à l'adjudicataire primitif des sommes par lui payées, soit à titre de cautionnement, soit en vertu de l'adjudication, soit en vertu des acquisitions de terrain qu'il aura réalisées ou des indemnités qu'il aura payées. Il lui sera tenu compte également de la valeur, estimée à dire d'experts, des travaux qu'il aura effectués. Toutefois ces remboursements n'auront lieu qu'après qu'on aura prélevé sur le prix les sommes nécessaires pour indemniser toutes les personnes envers qui l'adjudicataire restait débiteur, soit du prix d'adjudication, soit des indemnités par lui dues ou des prix d'acquisitions par lui réalisées. Si le prix de l'adjudication nouvelle est insuffisant à solder ces diverses sommes, l'adjudicataire primitif en reste personnellement responsable.

Le surplus du prix d'adjudication, après les divers paiements et remboursements indiqués au paragraphe précédent, sera réparti entre les riverains dans les proportions fixées à l'art. 4.

CHAPITRE II. — *Des droits et des obligations de l'usinier vis-à-vis des tiers.*

ART. 14 (ancien art. 9). — Celui qui voudra utiliser la force motrice des eaux dont il a le droit de disposer pourra obtenir la faculté d'établir en travers du cours d'eau et sur les propriétés riveraines les ouvrages d'art nécessaires à la création de cette force motrice, à la charge d'une juste et préalable indemnité réglée par les tribunaux civils.

Il pourra aussi, sous la même condition, obtenir la faculté de faire passer les eaux sur les fonds compris entre la prise d'eau et l'extrémité des canaux de décharge, et d'y exécuter les ouvrages nécessaires pour en assurer la conservation.

Les bâtiments préexistants, cours, jardins, parcs et enclos préexistants, attenant aux habitations, ne peuvent être assujettis aux servitudes établies par le présent article.

Les tribunaux devront, pour l'application de ces servitudes, concilier l'intérêt de l'opération avec le respect de la propriété. Ils pourront ordonner l'exécution provisoire des travaux, moyennant la consignation par le demandeur d'une somme par eux déterminée.

ART. 15 (ancien art. 10). — Les propriétaires grevés des servitudes établies à l'article précédent auront la faculté d'exiger que l'usinier fasse l'acquisition des terrains submergés par la retenue des barrages, autres que les berges non susceptibles de culture, ainsi que celles des terrains occupés par les ouvrages ou traversés par des canaux à ciel ouvert.

Les terrains à acquérir en exécution de cette disposition seront estimés au double de la valeur qu'ils avaient avant l'occupation.

La pièce de terre trop endommagée, ou dégradée sur une trop grande partie de sa surface, devra être achetée en totalité si le propriétaire l'exige.

Le Tribunal pourra obliger l'usinier à effectuer tous les ouvrages nécessaires pour assurer la communication des parcelles traversées.

Les contestations soulevées par l'application du présent article, y compris la fixation des prix d'acquisition, seront soumises aux tribunaux civils.

ART. 10 (ancien art. 11). — Ceux qui faisaient usage de l'eau pour l'irrigation antérieurement à la demande en licitation ou, s'il n'y a pas eu de licitation, antérieurement à la demande d'autorisation adressée à l'autorité administrative, pourront demander à l'usinier une indemnité pécuniaire qui sera fixée par le tribunal civil.

Le tribunal peut ordonner qu'une indemnité provisionnelle dont il fixe le montant, sera payée par l'usinier avant tout commencement d'exécution des travaux préjudiciables.

L'usinier peut se libérer de toute obligation à raison des irrigations préexistantes, moyennant la restitution gratuite en nature de l'eau, et s'il y a lieu, moyennant une indemnité complémentaire en argent. Réciproquement, cette restitution en nature pourra être exigée par les propriétaires irrigants toutes les fois qu'elle sera possible. Les tribunaux devront, dans l'application de cette disposition, concilier les intérêts de l'agriculture avec ceux de l'industrie.

ART. 17 (ancien art. 12). — Les droits à l'irrigation dont il n'aurait pas été fait usage antérieurement à la demande en licitation, ou s'il n'y a pas eu de licitation, antérieurement à la demande d'autorisation adressée à l'autorité administrative, donneront lieu à une indemnité qui sera fixée par le tribunal

civil. Toutefois l'usinier peut se libérer vis-à-vis des titulaires de ces droits, en leur fournissant en nature l'eau nécessaire à la bonne culture de leurs fonds bordant le cours d'eau, dans les conditions et prix de revient qu'ils auraient pu eux-mêmes antérieurement réaliser par des ouvrages n'utilisant que la simple gravité. Ces conditions et prix de revient seront fixés par trois arbitres nommés : un par l'usinier ; un par le réclamant ou, à défaut d'accord, par le président du tribunal civil ; et le troisième par les deux premiers, ou, à défaut d'accord, par le président du tribunal civil.

Art. 18 (ancien art. 13). — S'il se trouve, dans la section du cours d'eau intéressée par la création de l'usine une ou plusieurs usines autorisées préexistantes, la personne munie du droit de se servir de la chute d'eau dans l'étendue d'une section, et munie des autorisations administratives prévues par les lois et règlements en vigueur devra, si les intéressés l'exigent, leur restituer en nature l'énergie dont elles disposaient. Cette énergie pourra être restituée sous forme d'énergie électrique. Les intéressés pourront, s'ils le préfèrent, abandonner à l'usinier, moyennant indemnité, l'énergie dont ils disposent. Les contestations soulevées par cet article seront de la compétence des tribunaux civils.

Chapitre III. — *Des usines déclarées d'utilité publique.*

Art. 19 (ancien art. 14). — Peuvent être déclarées d'utilité publique, l'exécution, l'entretien et l'exploitation, sur les cours d'eau de toute catégorie, d'ouvrages ayant pour objet l'utilisation de la force motrice de l'eau, et l'amélioration, au moyen de réservoirs ou de tous autres ouvrages, du régime des cours d'eau au point de vue de cette utilisation.

Art. 20 (ancien art. 15). — Lorsque l'eau ou l'énergie est affectée aux besoins d'une entreprise déclarée d'utilité publique la déclaration d'utilité des ouvrages visés à l'article précédent peut résulter de celle de l'entreprise.

Dans tous les autres cas, l'utilité publique est déclarée et l'exécution des travaux est autorisée par un décret rendu en Conseil d'Etat, après enquête, sur le rapport des ministres des Travaux publics et de l'Agriculture.

Toutefois la déclaration d'utilité publique ne peut être prononcée que par une loi quand les travaux comportent le détournement des eaux hors de leur lit naturel sur une longueur de 20 km mesurée suivant ce lit. Le projet doit d'ailleurs avoir été soumis à l'examen préalable du Conseil d'Etat.

Art. 21 (ancien art. 16 modifié). — L'eau dérivée et l'énergie acquise au moyen des ouvrages ainsi déclarés d'utilité publique doivent être affectées, à titre principal, aux besoins des services publics administrés ou concédés par l'Etat, les départements, les communes ou les associations syndicales autorisées dont les ouvrages ont été déclarés d'utilité publique.

La quantité d'énergie qui pourra être procurée par l'expropriation sera calculée de telle sorte que le service public ait toujours, aux plus basses eaux, la quantité d'énergie nécessaire à son maximum de besoins; et l'acte déclaratif d'utilité publique pourra

permettre d'y ajouter une moitié en sus pour les besoins imprévus.

L'Administration ou son concessionnaire pourra toujours livrer à l'industrie privée tout l'excédent que lui procureront les hautes eaux et tous les résidus momentanés de son exploitation.

Art. 22 (ancien art. 17). — Les terrains nécessaires à l'établissement des ouvrages, et les droits à l'usage de l'eau dans l'étendue de la section intéressée par le projet, doivent être acquis par voie d'expropriation à défaut d'accord avec les propriétaires. Sous réserve des exceptions qui peuvent résulter du § 1er de l'art. 15, il est procédé à l'expropriation et au règlement des indemnités conformément aux dispositions de la loi du 3 mai 1841.

LITTÉRATURE DES PÉRIODIQUES ET BREVETS

L'Office de renseignements techniques fondé par l'Association amicale des Ingénieurs Electriciens, (11, rue Saint-Lazare-IXe), se charge de procurer aux abonnés de *L'Éclairage Électrique*, avec réduction sur les tarifs ordinaires, les publications périodiques et le texte ou la traduction des articles relatifs à l'électricité et aux industries qui s'y rattachent.

Théorie.

Considérations et expériences sur l'anomalie de la résistance électrique des solutions aqueuses au voisinage de 4°, par Tullio Gnesotto. *Journal de Physique*, 4e s., t. I, p. 449, juillet 1902, d'après *Atti del Reale Instituto Veneto di Scienze, Littere ed Arti*, t. LIX, seconde partie, p. 987 à 1006, 1900. — Dans un travail récent, Packer a trouvé l'existence d'anomalies dans les variations du coefficient de frottement de l'eau dans le voisinage de la température de 4°. Ses résultats venaient confirmer un ancien travail de Lussana (juin 1893) sur les variations du coefficient de température de la résistance électrique des solutions aqueuses dans le voisinage du maximum de densité. Les expériences de Dequisne ne conduisirent pas aux mêmes conclusions. Après avoir discuté les résultats de ses devanciers, l'auteur décrit ses propres mesures. Il a employé, comme Lussana, la méthode de Kohlrausch, mais a remplacé le téléphone par un électro-dynamomètre, dont la lecture se faisait avec une très grande précision par une bonne méthode optique. Le liquide électrolytique contenu dans un vase de Kohlrausch à électrodes de platine platiné était constamment agité pendant les mesures par un agitateur entourant les électrodes sans les toucher. C'est là une précaution essentielle : si on n'agitait pas le liquide, au voisinage de 4°, il se diviserait en couches superposées de densités différentes, et les résultats seraient entachés d'erreur. Un thermomètre Baudin donnant le cinquantième de degré servait aux lectures de températures qui étaient faites de minute en minute. Le coefficient de température entre les températures t_1 et t_2, $K_{t_1}^{t_2}$, exprimé en fonction des résistances R_{t_1} et R_{t_2}, est :

$$K_{t_1}^{t_2} = \frac{R_{t_2} - R_{t_1}}{(t_2 - t_1) R_{t_1}}.$$

Pour les solutions aqueuses étendues d'acide butyrique qu'il a étudiées, l'auteur trouve un minimum et un maximum de K entre les températures de 3° et 4°. Les positions de ces minimum et maximum ne sont pas tout à fait constantes, mais ces résultats sont tout à fait d'accord avec ceux de Packer sur le coefficient de frottement.

Conductibilité électrique produite par l'émanation du phosphore dans des condensateurs sphériques, par C. Barus. *Journal de Physique*, 4e s., t. I, p. 456, juillet 1902, d'après *Philosophical Magazine*, 6e s., t. III, p. 80-91. — Ce mémoire vient compléter une étude préliminaire de la modification produite par le phosphore dans l'air qui l'environne. L'air ainsi modifié prend des propriétés analogues à celles des gaz ionisés ; il facilite la condensation de la vapeur d'eau sursaturée et se laisse traverser par des charges électriques. M. Barus l'a étudié à ce double point de vue et semble conclure à la présence d'ions semblables à ceux que produisent les rayons de Rœntgen par exemple. Les expériences actuelles sont relatives au courant qu'une différence de potentiel produit entre une sphère métallique creuse et un fragment de phosphore placé en son centre. Leur but est l'étude de la combinaison spontanée des charges portées par les ions que produit le phosphore. La grande difficulté des expériences en raison de variations continuelles dans l'intensité du phénomène a empêché M. Barus d'aboutir à une conclusion très nette. La recombinaison paraît cependant ne pas jouer un rôle important.

Constante diélectrique de la paraffine, par Will. G. Hormell. *Journal de Physique*, 4e s., t. I, p. 453, juillet 1902, d'après *Philosophical Magazine*, 6e s., t. III, p. 52-67, janvier 1902. — Au moyen d'un oscillateur Blondlot modifié, l'auteur a mesuré la constante diélectrique de plusieurs échantillons de paraffine. Son appareil se compose d'un transformateur (primaire, 200 tours ; secondaire, 2000) dans le primaire duquel passe un courant alternatif de 7 ampères et de 52 volts. Le secondaire est relié, d'une part, aux deux armatures d'une batterie de 4 bouteilles de 5 900 unités électrostatiques, et, d'autre part, aux deux extrémités du primaire d'un transformateur Tesla, par l'intermédiaire d'une étincelle qui éclate entre deux cylindres d'iridium enchassés dans deux boules de laiton. On a aussi une étincelle très régulière. Les deux extrémités du secondaire de la bobine de Tesla sont reliées aux deux boules qui terminent les deux demi-cercles du primaire de l'oscillateur Blondlot-Coolidge (primaire, fil de cuivre de 2 mm de diamètre terminé par des boules de 4 cm de diamètre ; — longueur du secondaire jusqu'au premier pont, 25 cm). Quelques modifications de détail rendent l'ajustement plus facile et d'un contrôle plus certain. Notons que tout l'oscillateur, y compris le bâti portant le primaire est placé dans un flacon en verre rempli d'huile de pétrole. Les fils de Lecher qui continuent la bobine secondaire ont 150 cm de longueur et sont suffisamment tendus. Le premier pont, près de l'oscillateur, est fixe ; le second, mobile, est un fil de laiton de 1 mm de diamètre et 4 cm de long. Il est ajusté dans une monture de manière qu'un ressort le presse contre les fils. Pour trouver la position des nœuds, on emploie un tube de Plücker à argon, monté de manière à pouvoir se placer dans trois directions rectangulaires. L'auteur a fait d'abord la mesure de quelques constantes de la ligne, et celle de la longueur d'onde. Pour obtenir la même longueur d'onde que dans l'air, il faut avoir soin de corriger la valeur trouvée de l'influence causée par la capacité du tube de Plücker. Avec les périodes employées, l'auteur a trouvé la même longueur d'onde le long de fils non magnétiques. Pour mesurer la longueur d'onde dans la paraffine, les fils de Lecher sont placés dans un bloc de paraffine d'une longueur égale à une demi-longueur d'onde et dont une extrémité touche le premier pont. L'expérience montre qu'il peut être 1,5 cm trop long ou trop court sans changer la position du second pont, et que tout le champ efficace autour des

fils est certainement compris dans le bloc de paraffine d'une section de 5 cm sur 7 cm, qu'il ne s'étend, par suite, pas au-delà de 3 cm des fils. Pour la paraffine, on a trouvé les résultats suivants : Pour un échantillon donné, la constante diélectrique croît quand la densité croît ; elle croît ainsi rapidement de 2,09, pour une température supérieure de 20° au point de fusion, à 2,19 pour une température inférieure de 20° au point de fusion. Pour les divers échantillons, la constante diélectrique croît aussi quand le point de fusion s'élève. La constante diélectrique croît quand la longueur d'onde décroît. Elle est ainsi plus grande pour les ondes lumineuses que pour les ondes électriques. La formule de Cauchy ne concorde pas avec les résultats expérimentaux.

Effet de décharge des corps électrisés par les produits de la décomposition du peroxyde d'hydrogène sous l'influence de la lumière, par R.-F. d'Arcy. *Journal de Physique*, 4e s., t. I, p. 453, juillet 1902, d'après *Philosophical Magazine*, 6e s., t. III, p. 42-52, janvier 1902. — L'auteur suppose que la décomposition du bioxyde d'hydrogène neutre a lieu en eau et oxygène électrisé négativement. Cette décomposition, qui se produit sous l'influence de la lumière, pourrait, d'après l'auteur, rendre compte de l'origine de l'électricité atmosphérique, si l'on admet, avec M. Wilson (*Phil. Trans.*, t. CXCIII, 1900), que l'action de la lumière sur l'oxygène humide donne normalement du bioxyde d'hydrogène. M. d'Arcy a effectué deux sortes d'expériences, les unes relatives à la décomposition de l'eau oxygénée par la lumière, les autres à l'activité comparée à la déperdition par une surface d'eau et par une surface égale de bioxyde d'hydrogène, sous l'influence de la lumière solaire. Les expériences n'ont indiqué de différence dans la vitesse de déperdition que dans le cas de l'électrisation négative. Il semble que la différence en faveur de la surface d'eau oxygénée est d'autant plus marquée que la vitesse de décomposition de l'eau oxygénée est elle-même plus grande.

Redresseur Grisson pour l'emploi du dispositif de Rœntgen directement sur courant alternatif ou polyphasé. *Elektrotechnische Rundschau*, t. XIX, p. 217, 15 juillet 1902. — Les docteurs Walter et Albers Schönberg ont présenté des installations radioscopiques complètes fonctionnant sur courant continu. Par l'emploi d'auges électrolytiques, Robert Grisson a rendu ce même dispositif applicable sur les courants alternatifs ou polyphasés sans qu'il soit nécessaire de recourir à des commutatrices et à des accumulateurs. G.

Absorption des rayons Rœntgen par les solutions aqueuses, par R.-K. Mc Clung et D. Mc Intosh. *Journal de Physique*, 4e s., t. I, p. 455, juillet 1902, d'après *Philosophical Magazine*, 6e s., t. III, p. 68-79, janvier 1902. — La diminution d'intensité des rayons de Rœntgen produite par leur passage à travers les solutions de différents sels métalliques à diverses concentrations a été étudiée dans ce travail, par une méthode électrique. Après leur passage à travers la cuve absorbante limitée par deux minces lames de verre, les rayons ionisent l'air compris entre deux lames métalliques parallèles, dont l'une, protégée par un anneau de garde, est reliée à un électromètre. Si un champ assez intense est établi entre les deux lames, la déviation de l'électromètre, en un temps donné, est proportionnelle au nombre d'ions libérés dans le gaz, pendant ce temps, par la radiation. Ce nombre définit l'intensité des rayons. On a soin d'écarter les deux lames métalliques de manière que les rayons passent entre elles, sans les rencontrer, pour éviter la production de rayons secondaires. La principale difficulté provient des variations d'intensité du tube producteur des rayons. On les élimine autant que possible en prenant des moyennes et en alternant les mesures relatives à une cuve étalon contenant de l'eau pure. Les résultats concordent avec ceux des travaux antérieurs sur le même sujet. L'absorption semble bien être un phénomène additif, celle que produit un sel métallique étant la somme de deux termes relatifs, l'un à l'anion et l'autre au cathion. On sait que, selon toute probabilité, l'absorp-

tion des rayons de Rœntgen est un phénomène atomique, et les résultats précédents viennent confirmer ceux publiés par M. Benoist à ce sujet.

Les propriétés magnétiques du fer et de l'acier aux températures de l'air liquide, par C.-C. Trowbridge. *Electrical World*, t. XL, p. 325-328, 30 août 1902. — L'auteur rappelle les recherches faites sur cette question. Il en résume les résultats comme suit : 1° La perméabilité magnétique de l'oxygène liquide est notablement plus grande que celle des autres liquides ; 2° Le moment magnétique d'un aimant permanent en acier est indépendant de la température à laquelle la magnétisation a eu lieu. Si après la magnétisation on fait varier la température dans un sens ou dans l'autre, on observe un amoindrissement permanent de la force de l'aimant ; 3° La perméabilité du fer doux recuit est moindre aux températures de l'air liquide qu'aux températures normales ; celle du fer forgé est au contraire plus grande aux basses températures. Les aciers fortement trempés paraissent se comporter comme le fer doux ; 4° Les pertes par hystérésis dans le fer, aux températures très basses, sont les mêmes qu'aux températures normales. P. L.

L'électricité atmosphérique et les courants telluriques, par E.-O. Walker. *Electrician*, t. XLIX, p. 833-834, 12 septembre 1902. — L'auteur énumère quelques observations et théories dont ces phénomènes ont été l'objet. Il rend compte d'expériences faites par lui à Ceylan sur les courants telluriques qui circulent dans les lignes télégraphiques. La ligne qui a servi aux expériences est celle de Kandy à Colombo. Il paraît résulter des observations faites qu'aux premières heures du matin le potentiel de l'air à Kandy est positif par rapport au potentiel de l'air à Colombo. P. L.

Génération et Transformation.

Production du gaz naturel. *Electrical World*, t. XL, p. 491, 27 septembre 1902. — Le bulletin du « Geological Survey » des Etats-Unis fournit quelques données sur la production du gaz naturel. On en a vendu, en 1901, pour 27 millions de dollars environ, soit 14 p. 100 de plus qu'en 1900. Cette somme représente 40 p. 100 de la valeur du pétrole vendu dans la même année. En tant que source de force motrice le gaz naturel est la plus économique de toutes, au double point de vue des frais d'installation et des frais d'exploitation. Parmi les industries qui l'emploient, on compte 102 usines métallurgiques et 219 verreries. P. L.

Du choix entre la condensation et le chauffage par la vapeur évacuée, par Ch.-L. Hubbard. *American Electrician*, t. XIV, p. 381-382, août 1902. — Dans bien des cas, les machines à vapeur d'usines fonctionnent sans condensation et l'on emploie la vapeur évacuée au chauffage du bâtiment en hiver. On peut se demander alors s'il ne serait pas avantageux d'installer un condenseur et de se servir de la vapeur à haute pression des chaudières pour le chauffage. L'auteur montre par un exemple comment on doit résoudre cette question. P. L.

Essais de la turbine à vapeur installée à Hartford (Connecticut), par le professeur Wm. Lispenard Robb. *Electrical World*, t. XL, p. 360-361, 6 septembre 1902. — La turbine-dynamo installée à Hartford a une puissance nominale de 1500 kilowatts, mais sa puissance réelle est de 2000. L'auteur rend compte des essais qu'il a fait subir à cette machine ; les résultats en sont consignés dans une table. Une courbe donne, en fonction de la charge, la consommation de vapeur par kilowatt-heure. P. L.

Moteur à combustion intérieure et à deux temps de la Société française des moteurs Diesel. *Revue industrielle*, t. XXXIII, p. 304, 2 août 1902. — Le fonctionnement de ce moteur est caractérisé par les opérations suivantes : La compression totale du mélange combustible ou de ses éléments en dehors du cylindre moteur à une pression égale ou supérieure au degré de compression exigé dans ce dernier ; l'introduction de ce mélange dans le cylindre moteur pendant que le piston approche du point mort après expulsion des gaz brûlés durant la presque totalité de sa course et après avoir complété cette expulsion par une chasse d'air à travers la chambre de combustion vers la fin de la course. Au moteur proprement dit se trouve donc adjointe une pompe de compression commandée directement par l'arbre ou disposée en tandem sur la tige du piston moteur. L'article donne une description de ce moteur avec une coupe schématique horizontale du moteur.

Alternateur triphasé de 500 kilowatts de l'usine génératrice de La Bufola, près de Naples. *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 798, 4 septembre 1902. — L'usine génératrice de La Bufola est destinée à recevoir 10 groupes électrogènes de 500 kilowatts, actionnés par des moteurs à vapeur à triple expansion de la maison Neville. Le matériel électrique sort des ateliers Gio. Ansaldo, de Cornigliado, et l'auteur fait remarquer que ce sont les premiers alternateurs de cette puissance qui soient de fabrication exclusivement italienne. Ils sont du type-volant à inducteur mobile et induit fixe. La vitesse

de rotation est de 92,5 tours par minute et la fréquence, de 40. Le diamètre de la partie tournante est relativement grand et la carcasse mesure extérieurement 7 m de diamètre. *Inducteur.* — Le diamètre extérieure de l'inducteur est de 6 m et la vitesse à la périphérie est de 29 m à la seconde. Sur la jante sont répartis 52 bobines dont les noyaux en fonte d'acier de forme cylindrique ont un diamètre de 180 mm. Ils sont pleins, et enfoncés à une profondeur de 100 mm dans la masse de fonte du volant afin de diminuer le plus possible la réluctance du circuit magnétique. Les pièces polaires sont rectangulaires ; leur largeur est de 218 mm perpendiculairement à l'axe, et de 200 mm parallèlement à l'axe, de sorte que la largeur comptée le long de la périphérie est les 0,61 du pas polaire. L'enroulement inducteur est constitué par des bandes de cuivre plat de 20 mm de largeur et 3 mm d'épaisseur enroulées sur champ et isolées entre elles par du papier comprimé. Chaque bobine comprend 68 spires et toutes les bobines sont connectées en série. La résistance totale du circuit ainsi formé est de 0,7 ohm. On peut évaluer à 1,58 ampère par millimètre carré la densité de courant dans le cuivre inducteur dont le poids total est de 1 000 kg. L'énergie dépensée dans l'excitation est 7,9 kilowatts quand la charge de la machine est de 450 kilowatts avec un facteur de puissance égal à 0,9. L'induction dans les bobines est de 14 400 unités C. G. S. ; et de 7 500 dans l'entrefer. La dispersion s'élève à 15 p. 100. *Induit.* — Le diamètre extérieur de l'induit est de 6,42 m : et le diamètre intérieur, de 6,018 m. L'entrefer simple est de 9 mm. Un plan mené suivant un rayon détermine dans les tôles induites une section de 20×20 cm². L'induction maxima est de 6 000 unités C. G. S. L'induit est du type à trous circulaires de 50 mm de diamètre. Il y a un trou par pôle et par phase, soit 156 trous en tout. Ils sont garnis de tubes de micanite où sont logés 38 fils de 4,5 mm de diamètre nus, et de 5,4 mm avec l'isolant. La résistance par phase est de 1,83 ohm. Les phases peuvent être groupées en étoile ou en triangle ; dans le premier cas, la tension entre phases est 8,650 volts ; et dans le second, 5,000 volts. La densité de courant est de 2,08 ampères par millimètre carré dans l'induit. Pour régler l'entrefer, la carcasse peut être déplacée dans trois directions au moyen de vis. Le poids de toute la machine est de 37 tonnes. Les poids spécifiques, c'est-à-dire les poids par kilowatt d'énergie produite relatifs aux différentes parties de l'alternateur, se répartissent ainsi : 10 kg pour les tôles induites ; 1,6 kg pour l'enroulement induit ; et enfin 2,5 kg pour le cuivre inducteur. Les pertes dans le fer s'élèvent à 2,35 p. 100, quand la charge de la machine est de 450 kilowatts avec un facteur de puissance de 0,9. Six figures complètent l'article et laissent voir toutes les précautions prises pour isoler les différentes parties les unes des autres.

B. K.

Protection des transformateurs. *American Electrician*, t. XIV, p. 442-443, septembre 1902. — Une des questions relatives aux transformateurs qui furent discutées à la dernière réunion de la National Electric Light Association à Cincinnati était celle-ci : Quel système de protection doit-on employer, quand plusieurs transformateurs ont leurs secondaires reliés ensemble, pour empêcher qu'un court circuit en un point quelconque ne fasse sauter les fusibles de tous ces transformateurs ? Diverses solutions reposant sur l'emploi des fusibles ont été indiquées, mais selon M. Léonard Andrews, qui a décrit le système appliqué à Hastings (Angleterre) il ne faut mettre aucun fusible sur le réseau à basse tension : on place, entre le secondaire de chaque transformateur et le fil de retour du réseau à basse tension un disjoncteur qui agit dès que le transformateur, au lieu de fournir de l'énergie au réseau, en reçoit.

P. L.

BIBLIOGRAPHIE

Il est donné une analyse bibliographique des ouvrages dont **deux** *exemplaires sont envoyés à la Rédaction.*

Vorlesungen über theoretische Physik. **II.** ***Dynamik continurlich verbreiteter Massen.*** (Dynamique des masses continues), par **H. Helmholtz** et **Krigar-Menzel.** In-8°, 247 pages. *Barth*, éditeur, Leipzig, 1902.

Ce volume forme la suite du Cours de physique mathématique de Helmholtz, dont *L'Eclairage Electrique* a annoncé en son temps la publication des premières parties. Il est consacré à l'étude de l'élasticité. Le volume I traitait aussi de la dynamique, mais sur une hypothèse fondamentale différente. La matière était considérée comme formée par des masses ponctuelles ou points matériels, de dimensions négligeables par rapport aux intervalles qui les séparent (diskrete Punkte). Mais il est plus facile de rendre compte des phénomènes de l'élasticité en regardant la matière comme continue, c'est-à-dire en définissant une quantité de matière ou masse par le volume qu'elle occupe. Le quotient de la masse par le volume tend alors vers une limite bien déterminée quand la masse et le volume tendent vers zéro : cette limite est la densité. Dans l'hypothèse des points matériels il n'en saurait être ainsi.

Cette hypothèse de la continuité de la matière suffira dans l'étude des phénomènes où on ne considère que la décomposition de cette matière en éléments de volume dont les dimensions sont encore très grandes relativement au rayon d'activité des forces moéleulaires. Dans les cas où cette décomposition est insuffisante (étude de la dispersion de la lumière par exemple), il faut recourir aux théories moléculaires.

On pourrait tenter aussi, et la tentative a été faite, de bâtir directement une théorie de l'élasticité sur l'hypothèse des molécules séparées ; mais il devient impossible de traiter les problèmes dans toute leur généralité. On s'en rend compte aisément en considérant que, même si on connait les lois des forces intérieures, le problème des trois corps n'est pas résolu dans le cas général.

Les molécules séparées peuvent être animées de mouvements individuels, indépendants les uns des autres ; dans la matière continue, un élément de masse ne peut au contraire se mouvoir sans agir sur les éléments voisins. On supposera ces éléments déterminés par trois systèmes de surfaces se coupant et quand ces systèmes de surfaces se déplaceront leurs points d'intersection qui forment les sommets des éléments de volume se déplaceront aussi. Leurs déplacements seront les mêmes que ceux des points matériels dans les théories moléculaires, bien qu'ils ne soient affectés d'aucune masse. Les notions de vitesse et d'amélioration doivent être applicables à ce mouvement ; mais, en outre, on est conduit à considérer les dérivées des déplacements par rapport aux coordonnées ; c'est ce dernier point qui établit la distinction essentielle entre les systèmes de masses continues et ceux de points matériels, où le temps est la seule variable fondamentale.

Helmholtz traite ainsi la cinématique et la dynamique des masses continues, puis applique les propriétés démontrées à l'étude de l'équilibre élastique dans les corps isotropes ; d'abord à déterminer les forces, quand les déformations sont données, ensuite à déterminer les déformations provoquées par des forces données.

On retrouve dans ce volume, comme dans les précédents, les qualités particulières à Helmholtz ; les problèmes sont traités avec un appareil mathématique simple, et en même temps les principes discutés avec un sens philosophique des plus sûrs. M. Lamotte.

Exposition rétrospective de la mécanique, par **Emile Eude**. Grand-in-8°, 62 pages, 12 fascicules (16 livraisons dans l'ordre d'apparition) de la Mécanique a l'Exposition de 1900. *Vve Ch. Dunod*, éditeur, 49, quai des Grands-Augustins, Paris, VIe. Prix de la collection complète, qui comprend 17 fascicules : 60 francs.

Tables génerales des tomes I à XXV de l'Eclairage Electrique (1894-1901). Un vol. gr. in-8°, 240 pages : *C. Naud*, éditeur. Prix : 10 fr.

Ces tables comprennent : une table générale des matières classées méthodiquement ; une introduction et un tableau indiquant les principes et les divisions de la classification adoptée ; une table alphabétique des noms d'auteurs ; enfin un index alp6abétique des matières.

Tome XXXIII — Samedi 8 Novembre 1902. — 9e Année — N° 45

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

SOMMAIRE

Adresser tout ce qui concerne la Rédaction à M. J. BLONDIN, 171, Faubourg Poissonnière (9e arrondissement).
M. BLONDIN reçoit, 3, rue Racine, le jeudi, de 2 à 4 heures.

NOUVELLES ET ÉCHOS

Congrès de la « Houille blanche ». — TRAVAUX DE LA SECTION ÉCONOMIQUE. — Dans les numéros du 13 septembre et du 4 octobre, nous avons donné une analyse de quelques-unes des communications faites à la section économique du Congrès (communications de MM. Bougault, Primat, t. XXXII, p. CL ; communications de MM. Bougault, Pillet, Michoud, Guillain, t. XXXIII, p. VI). Nous donnerons bientôt le résumé des autres communications ; aujourd'hui nous publions le texte de la remarquable conférence faite le samedi 13 septembre, à Chamonix, par M. NEYRET, où l'orateur expose les graves inconvénients qui résulteraient pour l'industrie nationale de l'adoption du projet de loi du gouvernement (voir le texte de ce projet, t. XXXII, p. LIII, 25 octobre) et met en regard les avantages que présentent le projet dit de Grenoble ou de la licitation (voir le texte, t. XXXIII, p. LXX, 1er novembre).

Il est inutile de rappeler les différentes solutions judiciaires apportées à des cas particuliers, comme dans l'arrêt de la cour de Grenoble en date du 7 août 1901, solutions qui ont prouvé, une fois de plus, que, si les lois doivent conserver le caractère de rigidité qui est la sauvegarde des droits de tous contre les abus des pouvoirs publics, la jurisprudence, qui est d'essence évolutive, sait parfaitement donner à leur application la souplesse nécessitée par les circonstances non prévues. Il est donc permis d'avoir des doutes sur l'utilité d'une législation nouvelle. Dans tous les cas, la parole de sagesse a été prononcée, à l'ouverture du Congrès, par M. Hanotaux : *Pas de législation précipitée.*

La première manifestation parlementaire en faveur d'une modification législative est la proposition de loi déposée par M. Jouart, député, le 3 mars 1898.

La Commission parlementaire qui en est saisie y répond le 23 mars 1900, par l'organe de son éminent rapporteur, M. Guillain. Elle rédige un nouveau projet de loi, avec invitation au gouvernement à donner son avis.

Enfin, le 6 juillet 1900, le gouvernement, sans la moindre enquête auprès des intéressés, sans même une discussion contradictoire ou de simple courtoisie avec cette Commission parlementaire composée d'hommes remarquables, rejette ses conclusions qu'il trouve trop libérales et dépose une proposition de loi qui reste, en définitive, la dernière manifestation officielle des pouvoirs publics.

Le projet de loi gouvernemental devant l'opinion. — Le monde économique et industriel, qui s'est senti menacé par ce premier essai de nationalisation, s'est rapidement emparé de la question, notamment par l'organe de nombreuses Chambres de commerce et de diverses Sociétés d'études techniques, législatives ou économiques, et nous avons vu, au milieu de nous, M. Guillain, rapporteur de la Commission parlementaire, apporter lui-même à son projet des améliorations qu'il proposera à la Commission de la nouvelle législation. Nous devons lui en manifester notre profonde reconnaissance. Ce sera l'honneur de ce Congrès d'avoir eu le concours si élevé de sa science, de son expérience, de sa parole vibrant de tant de sympathie pour l'industrie nationale. Il est venu ici, parce qu'il sait combien le contact des hommes sincères et de bonne foi est fécond. Puisse cet exemple être suivi par d'autres !

M. Colson, qui a été appeler à collaborer au projet de loi gouvernemental, juge de nombreuses modifications indispensables.

Enfin, M. Tavernier lui-même, a, dès le 20 janvier 1902, à Saint-Etienne, affirmé que, sur certains points fort importants, le projet gouvernemental pouvait subir des atténuations relativement heureuses.

Mais, malgré toutes ces manifestations unanimement plus libérales, il n'en reste pas moins vrai que les industries hydrauliques se trouvent officiellement en face du projet de loi ministériel du 6 juillet 1900.

But et conséquences du projet de loi. — A quoi en arriverait ce projet de loi ? A exproprier, à nationaliser des biens et des droits particuliers et à confier, sous forme de concessions, c'est-à-dire d'une façon onéreuse, aléatoire et temporaire, aux anciens propriétaires ou à des tiers, l'exploitation des biens expropriés, exploitation réglementée, forcée, ligottée, en un mot administrative.

On viendra dire à ceux qui seront devenus les concessionnaires de leurs anciennes propriétés devenues nationales : « Vous détenez une parcelle du domaine public, exploitez-la avec telle intensité, telles méthodes, telle main-d'œuvre. Vous l'exploiterez complètement pour ne pas laisser improductive une seule parcelle de ces richesse domaniales qu'on a bien voulu vous confier. »..................

Erreur d'une affirmation servant à justifier la concession temporaire. — On dit que l'avenir justifiera le régime de la concession, puisqu'il est certain qu'on trouvera toujours des demandeurs.

« Les entreprises modernes, dit M. Tavernier, tendant de plus en plus aux amortissements rapides

et aux bénéfices immédiats, aucune initiative ne sera arrêtée par la formule de la concession temporaire, pourvu qu'elle soit de durée suffisante. »

C'est cette affirmation imprudente qui, sous sa forme d'axiome, sert à justifier la limitation de durée et de durée restreinte des concessions. Jetez, Messieurs, vos regards sur l'horizon industriel et comptez quelles ont été ces industries privilégiées qui ont eu le rare bonheur des amortissements rapides et des bénéfices immédiats.

Ce qu'il faut répéter, au contraire, avec M. Guillain c'est que « pour la création des grandes usines hydrauliques, il faut exposer des capitaux considérables dont la rémunération n'est rien moins que certaine ».

Les demandeurs en concessions. — Malgré l'évidence d'un tel état de choses, on peut affirmer, sans crainte d'erreur, qu'on trouvera toujours des demandeurs en concessions, quelle qu'en soit la durée. On a bien vu une concession de tramways être acceptée pour 16 années d'exploitation à Paris [1].

Pisteurs. — Si le projet ministériel était adopté, il se créerait, comme pour les tramways, un métier de demandeurs en concessions, intermédiaires s'inquiétant peu, en général, des clauses de cahiers des charges qu'ils laisseront à d'autres le soin d'exécuter. Ce seront eux, alors, les vrais pisteurs. Tandis que ceux qu'on désigne aujourd'hui sous cette formule un peu dédaigneuse de pisteurs sont presque toujours des initiateurs perspicaces auxquels on semble reprocher ce qui nous manque tant : la prévision un peu hardie de l'avenir.

Barreurs. — Les futurs pisteurs de concessions hydrauliques, une fois leur œuvre d'intermédiaires accomplie, passeront la main aux barreurs patentés qui, par la puissance financière de vastes trusts, comme cela a lieu pour les tramways, deviendront, par substitution, concessionnaires de nombreuses chutes sous la forme bien connue de Sociétés filiales. L'industrie hydraulique, répartie en apparence entre de multiples exploitants, deviendra, en réalité, le domaine d'un nombre restreint de groupes capitalistes importants.

Tout cela s'est passé pour les tramways et se renouvèlerait demain pour les chutes d'eau.

Un tel état de choses peut n'être en rien nuisible en matière de transports, où la lutte entre exploitants n'a guère sa place, mais il en serait autrement pour les industries diverses dont l'accaparement supprimerait toute concurrence, au grand détriment de l'intérêt général, la concurrence, cette plus grande force du monde économique, qui, par ses effets régulateurs, abaisse les prix en réduisant les profits exagérés, surexcite les initiatives et, par le classement des capacités humaines, assure la prédominance des individus les mieux doués, c'est-à-dire des *meilleurs*, suivant l'expression originale de M. Tavernier.

Le meilleur exploitant. — On prétend justifier le régime de la concession par la nécessité de tirer la quintessence de toutes les richesses hydrauliques. L'exploitation, pour être vraiment parfaite, au sens administratif du mot, en serait confiée à ceux que l'Etat, infaillible puisque irresponsable, distinguerait comme *les meilleurs*.

Mais l'Etat est-il capable de trouver le meilleur, et ce meilleur, à ses yeux, ne sera-t-il pas le plus habile, le plus influent ? Ne sera-t-il pas souvent l'homme d'affaires qui anémie, avant qu'elle soit née, l'œuvre qui devrait être féconde ?

Ne sont-ils pas les *meilleurs*, ceux qui ont créé et rénové tant d'industries, qui ont échoué quelquefois dans l'application industrielle de leurs inventions, mais qui, jamais découragés, recommencent le lendemain ?

Et, si une chute d'eau est mal utilisée, si son exploitant n'est pas à la hauteur de la situation, il est soumis, malgré lui, à la grande loi industrielle : il succombera et un autre reprendra l'œuvre, l'améliorera, y consacrera de nouveaux efforts et de nouveaux capitaux et ce sera toujours, à la fin, le meilleur qui restera, les armes à la main, maître du champ de bataille, dans cette lutte incessante qu'est l'industrie.

Le *meilleur* est donc celui qui reste debout, consacré par la lutte, et non celui qu'aura designé l'arbitraire administratif. C'est la seule mise en valeur rationnelle des individus, aussi nécessaire que la mise en valeur des forces motrices.

Nationalisation des forces privées. — Pour englober, sous une forme juridique, dans le système de la concession, les chutes des cours d'eau non flottables ni navigables, on a trouvé l'idée ingénieuse de les classer dans le régime des travaux publics, par l'imposition, à chacune d'elles, de la réserve d'un quantum de chevaux qui seraient affectés à des services publics éventuels.

« Le principe de la concession, dit M. Bougault, dans son *Traité de législation des chutes d'eau*, équivaut à la prise de possession, par l'Etat, de tous les cours d'eau. La première condition pour concéder,

[1] Tramways de Romainville à la place de la République, à Paris.

c'est d'être propriétaire ou de se considérer comme tel » [1].

M. Jouart dit, dans son exposé des motifs, en parlant des Suisses et des Italiens :

« Ils ont, notamment, attribué à l'Etat la propriété de tous les cours d'eau. Faisons comme eux ».

Il semble donc bien qu'il s'agisse d'un accaparement prémédité par l'Etat, devenu le grand barreur officiel, puisque, comme l'a dit avec raison M. Tavernier : « Pour l'alimentation exclusive des services publics, on a, dès maintenant, la faculté de recourir à des lois spéciales, déclaratives d'utilité publique. »

Quant à l'alimentation de besoins moins importants, les administrations publiques pourront, comme la ville de Grenoble, acheter des kilojoules, de même qu'actuellement elles achètent du charbon. La solution par l'institution d'usines mixtes ne s'explique donc point.

Dans tous les cas, ce qui paraît élémentaire, c'est de laisser la liberté complète aux forces hydrauliques exclusivement consacrées aux exploitations privées. « Si un industriel, dit M. Colson, dans son mémoire, qui veut fonder une usine, trouve moyen de se mettre d'accord avec les riverains et n'éprouve le besoin de recourir à aucune intervention judiciaire ou administrative, j'estime qu'on ne peut que s'en féliciter. Toutes les fois que ce cas se présente et que l'intéressé se borne à demander l'autorisation de police prévue par les lois actuelles, il me paraît inutile de créer un régime de concession, soit perpétuelle, soit temporaire. »

Si quelques industries ont besoin, pour créer leur force, d'une intervention supérieure, il est facile d'établir une loi libérale et simple, comme celle du projet de Grenoble ou tout autre conçue dans le même sens, mais on ne doit pas en profiter pour envelopper ces industries dans les filets de la concession.

Concession perpétuelle ou temporaire ? — La Commission parlementaire, dans l'intérêt de l'industrie, préfère que la concession soit perpétuelle ; elle la juge ainsi presque assimilable à la propriété.

De son côté, le gouvernement estime qu'une concession temporaire de longue durée, de 90 ans par exemple, peut, en pratique, se confondre avec la concession perpétuelle.

Messieurs, si la durée presque séculaire d'une exploitation semble se confondre avec la perpétuité, est-on sûr que l'Etat, qui fait ainsi entrevoir aujourd'hui cette quasi-propriété, ne modifiera pas ses tendances presque rassurantes ? Evidemment non, puisque, s'il est vrai que la première concession accordée, celle de Jonage, a une durée de près d'un siècle, la seconde concession, celle du Haut-Rhône, qui va sortir des bureaux du ministère, est déjà réduite à 55 ans. La troisième, on peut le prévoir, sera limitée aux environs d'une période trentenaire.

Nationalisation des usines actuellement en exploitation. — Le projet gouvernemental se préoccupe des situations acquises. Les usines existantes conserveront leur liberté, sous la dénomination d'usines privées, à moins, toutefois, qu'elles n'augmentent, même d'une unité, le nombre des chevaux qu'elles emploient, et, dans ce cas, elles rentrent dans la domanialité.

Est-ce que la situation acquise d'une industrie ne comporte pas à son actif les réserves de force qu'elle a prévues, au même titre que ses réserves de capitaux, au même titre que ses réserves accumulées d'expérience et de bon renom, dont l'ensemble doit faire l'avenir plus sûr et plus rémunérateur ?

Si un exploitant a prévu son installation première pour une puissance supérieure à celle d'abord néces-

[1] P. Bougault, avocat à la Cour d'appel de Lyon. Législation des chutes d'eau, sources, rivières, cours d'eau non navigables, p. 107.

saire, de façon à l'augmenter au fur et à mesure de l'extension de ses affaires, ce qui est le cas ordinaire, il devrait y renoncer, sous peine de spoliation brutale. S'il cherche à mieux user de la différence de niveau du plan supérieur au plan inférieur, il ne pourrait faire valoir cette richesse rendue stérile pour tous par le projet de loi, car qui voudrait s'exposer ainsi à l'aliénation de son bien et de sa liberté ?

Nous touchons là, Messieurs, au point le plus extraordinaire, qui en marque très bien la tendance, du projet gouvernemental.

On a cru justifier, par des subtilités juridiques, la nationalisation gratuite des droits non encore utilisés. Il est vrai que, devant les protestations unanimes, on laisse entrevoir sur ce point une modification équitable.

Mais la dépossession, par effet rétroactif, d'usines en pleine exploitation n'a pas encore été expliquée. Comment arrivera-t-on à faire comprendre qu'une usine existante employant 5 000 chevaux restera propriété privée, pour être confisquée au profit de la nation si la force en est élevée à 5 010 chevaux ?

Et puis, il faut prévoir même aussi ce que deviendra l'industriel qui, pour rester libre, s'obstinerait à rester strictement dans la limite des forces qu'il utilise.

Serait-il bien sûr de rester toujours maître chez lui, vraiment propriétaire de son bien ? » [1]. . . . .

[1] M. Neyret cite l'exemple de Compagnies minières obligées de se soumettre soit au régime de la loi de 1867 sur les Sociétés, soit à l'acceptation du cahier des charges de 1882 en matière de mines, sans que le Gouvernement se soucie des perturbations causées par ces modifications injustifiées.

« On voit que, pas plus que les cahiers des charges particuliers à chaque cas, les cahiers des charges généraux dont M. Guillain voudrait faire adopter le principe, ne sont une sauvegarde suffisante des droits des concessionnaires contre l'arbitraire administratif.

Les impôts de concessions. — 1° L'impôt en nature. — Qui dit concession, dit non seulement absence de liberté, inquisition, surveillance administrative, mais aussi matière à impôts.

D'abord ce serait l'imposition à chaque usine génératrice d'un quantum de force à tenir en réserve pour des services publics éventuels.

Ce quantum restera une richesse stérile pour tous jusqu'à son emploi, indéterminé, par ces services publics. Il serait puéril, en effet, de supposer que l'industriel à qui on en laissera la disposition provisoire fera des dépenses d'outillage pour son utilisation.

Quel sera ce quantum à tenir en réserve ? Sur quelle base, fatalement inappréciable, sera déterminée la quotité de cet impôt en nature ? Ce sera, dit-on, le cahier des charges qui le fixera. Comme on le voit, ce serait encore et toujours l'arbitraire administratif qui, en définitive, ferait la loi.

« Du reste, nous dit M. Tavernier, dans l'institution d'une concession il n'est pas possible d'échapper à l'arbitraire administratif. »

On comprend l'émotion soulevée par cette troublante perspective.

2° L'impôt par concours financier. — En outre de cet impôt en nature, il sera exigé des concessionnaires un concours financier pour des entreprises d'utilité publique dans la région. L'exposé des motifs du projet de loi s'explique ainsi : « Sans doute, il n'y aurait rien d'excessif d'exiger des concessionnaires une redevance en argent, mais il faut éviter

de donner à la réforme proposée un caractère fiscal. »

Comme on craint que la redevance en argent ne marque trop visiblement le caractère vassal du loyer annuel, on a trouvé l'ingénieuse formule du concours financier, formule nouvelle en matière d'impôts et empruntée au vocabulaire plus enveloppant de la Bourse et de la Banque. Ce concours servira à l'installation de routes, tramways, éclairage, etc.

Dans un bilan industriel, Messieurs, on se demande quelle différence peut exister entre une redevance et un concours financier de même importance.

Le concours financier, cependant, établi arbitrairement, ou basé sur des pourcentages de dépenses d'installations, emprunte une force mal définie, de contours effacés et divers, qui justifie toutes les appréhensions.

3° L'impôt par redevances annuelles. — Aussi, si l'on en juge par le cahier des charges du Haut-Rhône, le gouvernement semble-t-il revenir à la formule de la redevance en argent, malgré son caractère nettement fiscal.

Cette solution serait préférable, parce qu'elle n'écraserait pas lourdement les débuts toujours incertains d'une industrie naissante et qu'elle cesserait automatiquement si cette industrie était obligée de s'arrêter.

Cependant, le cahier des charges du Haut-Rhône, pour justifier cet axiome que « dans l'institution d'une concession, il n'est pas possible d'échapper à l'arbitraire administratif », comporte une redevance annuelle limitée entre 5 000 et 50 000 fr. Par qui et de quelle manière cette annuité sera-t-elle fixée ? Deux concurrents ayant les mêmes moyens matériels, la même vie industrielle, seront-ils traités de la même façon ? Le bilan annuel n'interviendra-t-il pas comme un niveau indicateur, permettant à la main administrative d'aider le moins capable au préjudice du meilleur, d'ouvrir ou de fermer arbitrairement le clapet de retenue niveleur des bénéfices ?

4° L'impôt sous forme de travaux divers à la charge des concessionnaires. — Enfin, outre le concours financier et la redevance qui, sous leur forme très évidente marqueront dans les bilans industriels le prix de la concession, il faut prévoir d'autres charges, souvent très lourdes, mais qui, sous des apparences discrètes, viendront se confondre dans le bloc des dépenses d'installation des canaux et des usines génératrices. Il s'agit de travaux supplémentaires, arbitrairement imposés par les cahiers des charges, travaux d'intérêt général et, le plus souvent inutiles à l'industrie du concessionnaire.

Ainsi, par exemple, on pourra demander la construction ou la rectification d'une route sur les bords d'un canal, la réfection d'un pont. On exigera, comme à Jonage, que le canal soit aménagé pour la navigation avec des sections énormes et des écluses monumentales, en vue de trafics hypothétiques. Mais il n'en est pas moins vrai que ces travaux d'une utilité contestable ont coûté de nombreux millions aux actionnaires de Jonage.

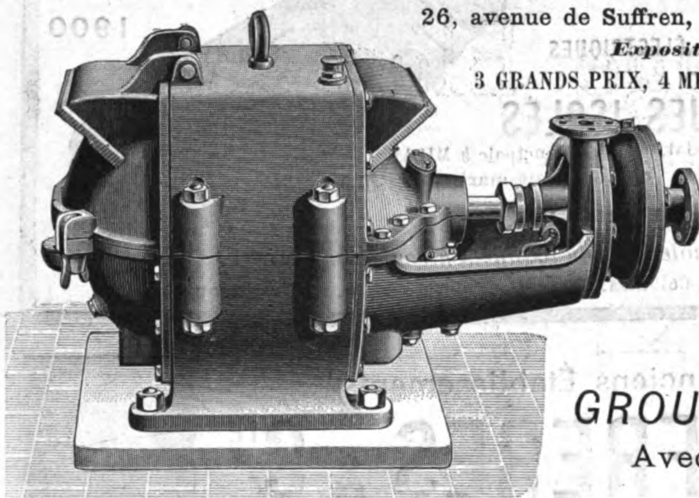
« *L'usine génératrice à l'État, l'usine d'exploitation à l'industrie », n'est pas un axiome, mais une erreur.* — La vision de tant de dépenses stériles semblerait avoir inspiré ce conseil de M. Tavernier : « Les industries modernes, avec leur rapidité d'évo-

SAUTTER, HARLÉ & CIE

26, avenue de Suffren, PARIS

Exposition Universelle, Paris 1900

3 GRANDS PRIX, 4 MÉDAILLES D'OR, HORS CONCOURS, JURY (Cl. 117)



POMPES ÉLECTRIQUES

Système RATEAU. Breveté S. G. D. G.

Pour fonçages, élévation, épuisements, etc.

VENTILATEURS

A HAUTE ET BASSE PRESSION

Système RATEAU. Breveté S. G. D. G.

GROUPES ÉLECTROGÈNES

Avec TURBINES A VAPEUR

Système RATEAU

SCHNEIDER & CIE

Siège social et Direction Générale, à PARIS, 42, rue d'ANJOU

MOTEURS A VAPEUR

Machines Corliss, Machines Compound, Machines monocylindriques à grande vitesse, Machines pour la commande directe des dynamos

MOTEURS A GAZ

Système « SIMPLEX » de M. DELAMARE-DEBOUTTEVILLE. — Moteurs fonctionnant soit au gaz de gazogène, soit au gaz de hauts fourneaux MM. SCHNEIDER et Cie, concessionnaires pour toute puissance. Soufflerie et groupes électrogènes actionnés par moteurs à gaz.

ÉLECTRICITÉ

Installations complètes pour la production et l'utilisation de l'énergie électrique, Tramways, Locomotives électriques, Grues, Treuils, Ponts roulants, Monte-charges, Ascenseurs électriques.

DYNAMOS SCHNEIDER Type S, A COURANT CONTINU

Dynamos pour électrochimie et électrométallurgie. Dynamos pour fabrication du carbure de calcium

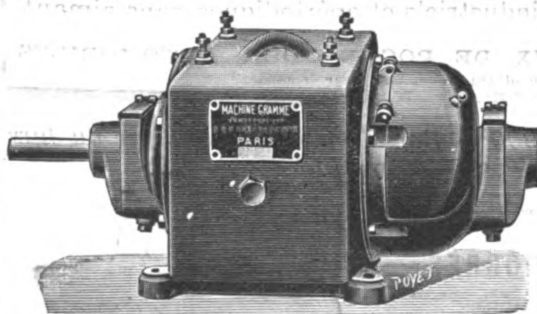
DYNAMOS ET TRANSFORMATEURS A COURANTS ALTERNATIFS

BREVETS ZIPERNOWSKI, DÉRY & BLATY

Appareils à courants diphasés et triphasés, Système GANZ (Brevets N. TESLA)

SOCIÉTÉ GRAMME

20, rue d'Hautpoul, PARIS



Moteur type léger fermé.

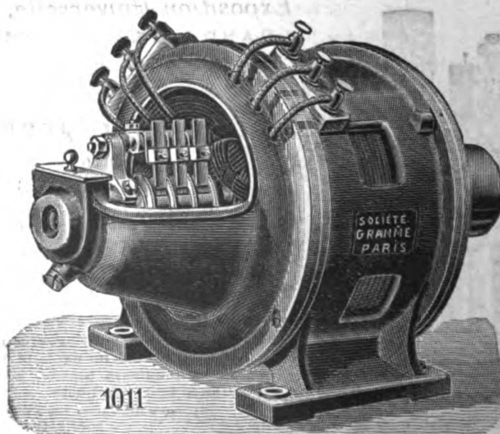
DYNAMOS ET MOTEURS COURANT CONTINU

ALTERNATEURS — MOTEURS ASYNCHRONES

ACCUMULATEURS

LAMPES A ARC & A INCANDESCENCE — APPAREILLAGE

Envoi franco du Catalogue sur demande.



Moteur asynchrone triphasé.

COMPAGNIE GÉNÉRALE

d'ÉLECTRICITÉ de CREIL

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE **7,500,000** FRANCS

Siège Social à Paris : 27, Rue de Châteaudun.

Usine à CREIL (Oise).

MATÉRIEL A COURANT CONTINU ALTERNATIF SIMPLE ET POLYPHASÉ

de TOUTES PUISSANCES

DYNAMOS pour Electrochimie et Electrométallurgie.

APPAREILS DE LEVAGE ÉLECTRIQUES

Tramways. — Stations centrales. — Transports d'énergie.

LAMPES A ARC. — COMPTEURS. — APPAREILS DE MESURE.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE

L'ACCUMULATEUR TUDOR

Société anonyme. Capital : 1.600.000 fr.

Siège social : 48, rue de la Victoire, Paris

USINES : 39 et 41, route d'Arras, LILLE

INGÉNIEURS-REPRÉSENTANTS :

ROUEN, 47, rue d'Amiens. — LYON, 106, rue de l'Hôtel-de-Ville.
NANTES, 7, rue Scribe. — TOULOUSE, 62, rue Bayard.
NANCY, *bis*, rue Isabey.

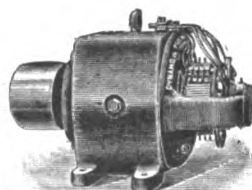
ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE

Tudor Paris, Tudor Lille, Tudor Rouen, Tudor Nantes
Tudor Lyon, Tudor Toulouse, Tudor Nancy.

DYNAMOS "PHENIX"

TYPES OUVERTS, BLINDÉS ou ENFERMÉS

De 0.3 à 200 Kilowatts



MOTEURS SPÉCIAUX
POUR
MACHINES-OUTILS

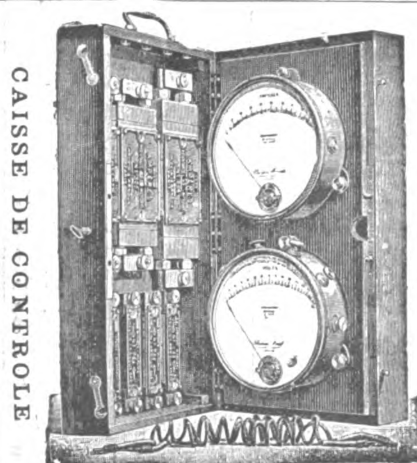
Perceuses Électriques

RHÉOSTATS APPAREILLAGE
TABLEAUX
LAMPES A ARC *Kremenezky*

ANCIENS ATELIERS C. MIDOZ

C. OLIVIER & C[ie]. ORNANS (DOUBS)

CAISSE DE CONTROLE



mesures de précision

APPAREILS

pour mesures électriques

CHAUVIN & ARNOUX

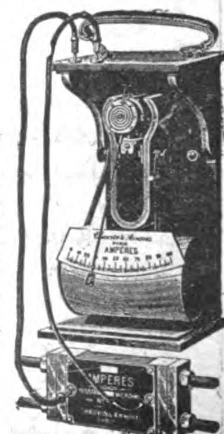
Ingénieurs-Constructeurs

Envoi franco
sur demande
du nouveau tarif
spécial
aux appareils
de
tableau

PARIS
186, rue Championnat

Exposition Universelle, PARIS 1900
GRAND PRIX

à sensibilité variable



ENREGISTREURS

lution, doivent, au contraire, éviter par dessus tout les immobilisations inutiles. »

Mais, ce qu'on appelle ici « immobilisations inutiles », ce ne sont point, comme on pourrait le croire, ces dépenses injustifiables auxquelles il vient d'être fait allusion, non, ce sont les capitaux sagement employés par des industriels à l'installation de canaux et d'usines génératrices ; car on émet cette prétention que les industries privées doivent se borner à employer l'énergie, mais ne pas la produire.

Il ne faut pas laisser s'établir une telle confusion, et les choses doivent être remises au point :

Oui, immobilisations inutiles, tous ces travaux supplémentaires, toujours coûteux et souvent stériles, qu'impose l'État.

Mais, immobilisations fécondes, ces créations pratiques de forces hydrauliques dont l'initiative privée vous montre tant d'exemples.

Demander ainsi de remettre aux soins paternels de l'État l'aménagement des forces motrices pour décharger généreusement les industriels de ces soucis coûteux, ce sont des présents qu'ils refusent.

La liberté n'a pas de compensation possible ; dans tous les cas, personne ne voudra, de plein gré, la risquer au coin d'un cahier des charges.

Nos industriels veulent pouvoir créer eux-mêmes leur force, l'exploiter eux-mêmes comme ils l'entendent, ou la vendre à des tramways, à des Sociétés d'éclairage ou à des villes. Ils ne veulent pas être soumis d'office au système de la location. Il serait bien dur à l'industrie française d'être condamnée au régime du garni.

Suppression de la liberté commerciale par les cahiers des charges. — Sera-ce tout comme charges imposées aux concessionnaires ? Tout fait prévoir, au contraire, que les cahiers des charges s'ingéreront peu à peu dans les prix de vente des produits, spécialement de l'énergie électrique, qu'ils fixeront, sinon des prix fermes de vente, tout au moins des échelles dont on ne pourra s'éloigner.

Après la restriction de la liberté individuelle, ce sera la liberté commerciale qu'il faudra renoncer à revendiquer; sinon, comme pour la Société fermière de Vichy, par exemple, qui, par des combinaisons de prix de vente des bouteilles, croyait pouvoir lutter librement contre des concurrents libres, les tribunaux viendront rappeler à toute Société concessionnaire : « Que le principe de la liberté commerciale invoqué par elle ne saurait prévaloir contre les conditions d'intérêt public qui dérivent des préliminaires et de la nature même de la concession » [1].

L'article 35 d'un cahier des charges. — Les contrats de concession reproduiront très probablement aussi cet article 35 du cahier des charges de Jonage, qui prévoit la revision décennale du prix de la chose vendue, des kilojoules en l'espèce, prix de vente qui pourra être abaissé d'office par décret, si des procédés nouveaux ou des perfectionnements viennent en réduire le prix de revient.

Si donc, le concessionnaire, par son travail, son intelligence, ses capitaux exposés, parvient à améliorer ses prix de revient, des experts payés par lui,

[1] Mauguin, c. Compagnie fermière de Vichy. Cour d'Appel de Lyon. Arrêt du 16 janvier 1902.

viendront le constater et, conformément au paragraphe 7 de ce même article 35, les 2/3 de l'économie réalisée seront destinés aux acheteurs ; le dernier tiers restera à ce créateur sur qui aura pesé tout l'aléa des recherches et des dépenses.

Quel encouragement à rebours dans la voie du progrès ! Oublierait-on que le grand principe, le principe fondamental de l'offre et de la demande, est plus puissant que les réglementations, pour donner satisfaction à tous les besoins, trouver les débouchés nouveaux et produire le maximum d'efforts dont bénéficieront, en définitive, les services publics, comme les industries privées ?

L'éventualité de toutes ces charges doit être envisagée comme certaine, puisqu'elles frappent les concessions actuelles; aussi n'est-ce point sans motif « qu'on redoute, comme le dit M. Tavernier, l'arbitraire administratif tendant, par une pente naturelle, à imposer des charges excessives qui entravent l'initiative privée. »

Retour à l'Etat des usines génératrices concédées. Situation déplorable des usines d'utilisaton de forces. — Dans le projet de loi gouvernemental, le concessionnaire, à l'expiration de sa concession, remettra à l'Etat, sans indemnité, tous les ouvrages ayant pour but la dérivation de l'eau et sa transformation en énergie. Il restera propriétaire des usines d'utilisation qui emploieront industriellement la force créée.

Ces usines tributaires partageront donc fatalement la précarité de la concession, et il est inadmissible de prétendre qu'il serait inutile de les amortir, sous prétexte qu'elles ne seront pas expropriées. La Commission parlementaire l'avait si bien compris, qu'elle donnait à la concession une existence perpétuelle, estimant que c'était déjà trop qu'il pèse sur elle les aléas de la déchéance ou du rachat.

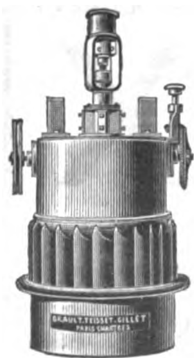
Le projet de loi, il est vrai, réserve au concessionnaire arrivé à échéance un droit de préférence, à conditions équivalentes, dans l'adjudication de la concession devenue vacante.

Ce droit de préférence est présenté comme une clause éminement favorable à l'ancien concessionnaire, presque comme une générosité. Que risque-t-il, puisque, à prix égal, il lui sera permis de continuer l'exploitation de son industrie ?

Messieurs, il ne risque qu'une chose, ce privilégié, c'est de payer plus cher que ses concurrents. Rivé à son usine tributaire, il pourra se voir obligé, contre le chantage des concurrents, ou contre l'optimisme imprudent de tiers, ou contre la puissance de syndicats capitalistes, de surélever le prix de sa soumission d'une somme pouvant atteindre près de la valeur de son usine, sous peine de voir cette valeur réduite à néant.

Rachat de la concession. — Enfin, après quinze années d'exploitation, l'Etat, pourra, à toute époque, racheter la concession. Une telle clause peut s'expliquer quand il s'agit de services publics, tels que les entreprises de transport et d'éclairage. Mais ce ne sont pas là des industries, au sens propre du mot. La base du prix de rachat peut, pour ces services publics, être mathématiquement et préalablement fixée, et les plus-values annuelles sont méthodiquement évaluables.

Mais il n'en est pas de même pour les industries diverses dont la valeur, qui n'a souvent aucune relation avec les bénéfices effectués, réside surtout dans



un avenir préparé par les expériences coûteuses et les capitaux sacrifiés.

« Pour les entreprises hydro-électriques, dit M. Tavernier, qui, pour se frayer des chemins nouveaux, ont un grand besoin de liberté et de sécurité, le rachat constitue, il ne faut pas se le dissimuler, le danger le plus sérieux ; danger d'autant plus à redouter que ces entreprises sont appelées peut-être un jour, par leur prospérité même et surtout par le grand nombre des intérêts auxquels elles toucheront, à éveiller plus de convoitises ».

L'ignorance de l'avenir ne permet à personne d'indiquer, dès aujourd'hui, le remède capable d'atténuer le danger du rachat. Le véritable remède est de ne pas créer le danger. Du reste, l'industrie ne peut ni se développer, ni même vivre dans la crainte d'une dépossession de tous les instants. Dans ces milieux créateurs où la prévision de l'avenir, même lointain, est un souci quotidien, on étoufferait toutes les initiatives.

Conséquence de la précarité et de l'éventualité du rachat et de la déchéance de la concession. — L'éventualité du rachat et de la déchéance des concessions, leur durée limitée, permettront difficilement aux industriels la conclusion de longs marchés et, dans tous les cas, cette incertitude pèsera lourdement sur les conditions qu'ils pourront accepter ou imposer, puisque l'essence même d'un marché est la sécurité absolue et de longue haleine.

Un concours financier spontané. — Qu'aurait fait, dans les circonstances suivantes, telle Société importante [1] des bords de la Romanche, celle qui a été l'initiatrice de l'éclosion industrielle de cette vallée qui, il y a trente ans à peine, était encore considérée, même à Grenoble, comme inabordable.

Cette Société, pour répondre au développement de ses affaires, a provoqué la création du chemin de fer qui porte aujourd'hui la vie intensive jusqu'à Bourg-d'Oisans.

L'État et le département ont accordé, sans enthousiasme, une garantie d'intérêt qui était indispensable en face du peu de confiance générale en la richesse de la Romanche.

L'État a dû s'y résoudre puisque le département intervenait. Mais le Conseil général de l'Isère n'a promis sa part de garantie qu'en en faisant supporter la moité par la dite Société. Celle-ci a dû, pour cela, gager son concours par une hypothèque de cinquante ans sur ses immeubles.

(1) Société des usines de Rioupéroux.

Qu'aurait fait l'Assemblée départementale si elle s'était trouvée en face d'un industriel soumis au régime d'une concession n'ayant plus qu'une durée de vingt ans, et propriétaire de l'usine d'exploitation seulement, c'est-à-dire d'un corps dont la vie n'eût été qu'une vie d'emprunt?

Le Conseil général, c'est indiscutable, aurait refusé sa garantie d'intérêt, et cette vallée de la Romanche, que vous avez admirée, serait encore fermée pour longtemps peut-être au tourisme intensif et à l'industrie.

Vous déduirez aussi de cet exemple, Messieurs, que le concours financier naît sous la forme la plus productive et avec l'assurance de son application absolue au développement des intérêts qui l'ont provoqué; ce qui ne l'empêche pas, comme dans le cas précité, de faire œuvre d'intérêt général.

La force des choses est, en effet, plus puissante que celle des hommes, parce que, déterminée, par les besoins, elle s'exerce à son heure. Le progrès qui est la résultante de la libre combinaison de ces deux forces, s'arrête devant la contrainte, notamment quand les pouvoirs publics veulent en prendre la direction.

« Toutes les fois que l'on a voulu limiter la propriété, soit en durée, soit en liberté d'allures laissée au propriétaire, on a diminué l'activité économique et l'esprit d'entreprise. Tel a été l'effet, par exemple des concessions de terres, octroyées sous des conditions résolutoires, même dans les cahiers des charges les mieux combinés, dans diverses colonies, notamment dans notre Algérie » [1].

C'est la propriété privée et libre qui fait la vraie richesse nationale, parce que seule, elle donne le maximum de rendement.

Concessions sur les cours d'eau flottables et navigables. — Il peut se faire que, pour de grands travaux d'utilité publique, l'exploitation pour le régime de la concession offre certains avantages, mais, en dehors de la loi déclarative d'utilité publique qui atteint les cours d'eau, non navigables ni flottables, l'État possède, pour y donner satisfaction, les éléments nécessaires dans les cours d'eau flottables ou navigables dont il est propriétaire. Il doit sur ces derniers, consentir des concessions perpétuelles sans « cahier des charges qui puisse être imposé arbitrairement par le ministre ».

Puisqu'on a voulu souvent comparer la chute d'eau

(1) Paul Leroy-Beaulieu. *Traité théorique et pratique d'Économie politique. De la Propriété.*

à la mine, les pouvoirs publics ne doivent point oublier que celle-ci ne s'est vraiment développée que dans les pays où la situation juridique du mineur s'est rapprochée le plus de la propriété. On a éloquemment synthétisé la formule en réclamant « l'idée de la concession réduite au minimum, l'idée de la propriété aussi large que possible » [1].

Cours d'eau non flottables ni navigables. Liberté et Licitation. — Mais il ne faut pas toucher aux forces hydrauliques des cours d'eau non flottables ni navigables, dont on doit, au contraire, aider la création et le développement par l'initiative privée, au moyen d'une loi qui respecte toutes les libertés, ce projet de loi de Grenoble si facilement applicable, projet perfectible comme toutes les œuvres humaines, mais qui donne entière satisfaction à cette idée, que l'ignorance, l'impuissance ou le chantage ne doivent pas stériliser ce qui peut devenir une source de richesse nationale.

La Suisse et l'Italie. — On a comparé le régime actuel de la France à ceux de l'Italie et de la Suisse qu'on déclare merveilleux. Mais les éléments de comparaison ne sont pas les mêmes et, enfin, chez nos voisins, l'épreuve qui n'a pas été consacrée par le temps, pourra bien ne pas répondre à ces prévisions optimistes.

Enfin la Suisse elle-même a sagement compris qu'elle ne pouvait adapter à tout son territoire le système que des circonstances exceptionnelles ont pu favoriser dans certains cantons et, lorsqu'il y a eu des difficultés, les pouvoirs publics se sont prudemment abstenus. En effet, comme le dit M. Tavernier : « Là où il faut sans répit chercher et innover, l'initiative privée est incomparable ; les Suisses eux-mêmes ne peuvent faire autrement que d'y recourir pour la mise en valeur de leurs cantons pauvres. »

Puisque, comme le dit encore M. Tavernier, nos industriels français ont su, mieux que les Suisses et les Italiens, tirer parti de forces irrégulièrds et intermittentes », pourquoi, à plus forte raison, ne se montreraient-ils pas supérieurs pour la mise en valeur des forces régulières importantes ?

Le progrès industriel national comparé. — Trouve-t-on que le progrès industriel n'a pas marché aussi vite chez nous qu'ailleurs ? En visitant les vallées du versant étranger des Alpes, on peut se laisser fasciner par l'animation intensive de quelques groupements industriels. Cette vision rapide et localisée se fixe dans l'esprit comme une dernière impression, mais elle ne doit pas faire oublier que la vie d'une nation ne s'apprécie pas d'après la vie exceptionnelle d'une de ses provinces. Il est prudent, enfin, de ne pas se laisser éblouir par des succès de surface.

Si toute l'activité industrielle de la France était, comme en Italie, attachée aux flancs des Alpes, incrustée dans nos vallées profondes du Dauphiné et de la Savoie, au lieu d'être si normalement située sur tout le territoire national, l'impression qu'ont certaines personnes de la réalité des choses se modifierait profondément.

Mais, en admettant même cette assertion, fort contestable, d'un progrès industriel momentanément moins grand en France, il faut se rappeler qu'il y a une loi économique qui donne raison à ceux qui, progressant normalement, font mieux, aux dépens de ceux qui ont fait moins bien, parce qu'ils ont marché trop vite. Les premiers ne connaissent point les crises meurtrières de longue durée qui découragent les capitaux et provoquent des arrêts dans la marche du progrès.

[1] M. Neyret cite un texte de M. Aguillon, professeur à l'École nationale des Mines, dans lequel cet auteur explique la cause de l'infériorité de notre industrie minière, vis-à-vis de celle des autres nations par le fait que celles-ci ont rénové leur législation sur ces deux principes : suppression de l'intervention administrative, assimilation de la mine à la propriété pleine et entière de droit commun.

Ce n'est pas à vous, Messieurs, qu'on doit rappeler combien l'Allemagne paie durement, depuis quelques années, un de ces accès de fièvre industrielle qu'il ne faut pas confondre avec une marche en avant sûre et raisonnée. Les succès durables des hommes dérivent moins de la nature de leurs actes que de l'opportunité intelligente de ces mêmes actes.

Ce qui s'impose. — Le monde industriel veut rester persuadé que le projet de loi du 6 juillet 1900 sera profondément refondu par le ministère, car il s'effondre de lui-même devant l'opinion publique unanime. Du reste, pas un ministre nouveau ne voudrait le soutenir devant le Parlement. Ce sera un mauvais rêve ; mais le souvenir doit en rester dans les esprits comme l'indication des exagérations auxquelles en arrive un gouvernement qui ne daigne pas s'aboucher contradictoirement avec les commissions parlementaires compétentes, et qui néglige le moyen si facile et si fécond de l'enquête préalable auprès des intéressés.

Le projet gouvernemental a reçu de M. Guillain les coups les plus durs ; cet éminent concours était acquis depuis longtemps. Est-ce à dire pour cela, que nous puissions adopter le projet de M. Guillain, malgré certaines améliorations importantes ? Messieurs, nous ne le pouvons pas, parce que M. Guillain conserve, sauf pour des cas spéciaux, le principe général de la concession, amendé, il est vrai, par la suppression des cahiers des charges particuliers et leur remplacement par des cahiers des charges généraux, c'est-à-dire par une réglementation comme en matière ds mines. Mais j'ai eu l'honneur de vous expliquer que ces cahiers des charges généraux, en usage dans les mines, sont presque aussi terribles que les autres. Quand ils sont périodiquement modifiés, leur application n'a rien que de normal aux concessions nouvelles, mais les pouvoirs publics cherchent toujours à abuser de leur force pour les appliquer aux exploitations anciennes qui, en pleine activité, peuvent en souffrir énormément (1). »

(1) Le conférencier termine en formulant le vœu que : « les Pouvoirs publics sauvegardent, en tout état de cause, la liberté industrielle et commerciale indispensable à l'exploitation complète et féconde de la houille blanche. »

LITTÉRATURE DES PÉRIODIQUES ET BREVETS

L'Office de renseignements techniques fondé par l'Association amicale des Ingénieurs Electriciens, (11, rue Saint-Lazare-IXe), se charge de procurer aux abonnés de *L'Éclairage Électrique*, avec réduction sur les tarifs ordinaires, les publications périodiques et le texte ou la traduction des articles relatifs à l'électricité et aux industries qui s'y rattachent.

Théorie.

La théorie électrodynamique de Hertz et les phénomènes d'induction, par T. Levi-Civita. *Rendiconti della R. Acc. dei Lincei*, t. XI, p. 75, 3 août 1902. — Au sujet de la résolution de deux questions d'induction électrodynamique, en base à la théorie de Helmholtz-Hertz, l'auteur avait avancé qu'il manquait à la théorie hertzienne seule deux conditions limites pour que ces questions et aussi le problème général de l'induction électro-dynamique soient mathématiquement déterminés. Il revient sur ce sujet et montre que l'affirmation première était inexacte. M. Levi-Civita examine la façon dont la force électro-magnétique traverse une surface conductrice et posant le problème général de l'induction électrodynamique conclut qu'il n'y a qu'un système de solution.

G.

Expériences concernant les rapports entre l'éther, la matière et l'électricité, par Norman-E. Gilbert. *Journal de Physique*, 4e s., t. I, p. 665-666, oct. 1902, d'après *Phil. Mag.*, 6e s., t. III, p. 361, avril 1902. — Ces expériences ont été entreprises par l'auteur, sur les conseils de Rowland. Dans une série destinée à montrer l'existence d'un frottement, d'une viscosité dans l'éther, on cherche si la résistance d'un fil traversé par un courant est la même, soit que le courant produise un champ magnétique, soit qu'il n'en produise pas. On a deux bobines, enroulées sur un même noyau de fer. On mesure la résistance, le courant passant dans les deux bobines soit de manière à ajouter les deux champs, soit de manière à les retrancher. La difficulté consistait à mesurer la résistance d'un fil traversé par un courant assez intense. Pour cela, l'auteur a construit deux systèmes de deux doubles bobines identiques, et les quatre bobines traversées par un courant de $\frac{1}{10}$ d'ampère, formant les quatre bras du pont de Wheatstone. L'équilibre du pont est obtenu en shuntant une des bobines avec une résistance variable (15 000 ω environ). D'après les lectures, le fil produisant un champ subirait une diminution de résistance de $\frac{1}{1\,200\,000}$. Mais le nombre est trop faible pour permettre une affirmation. Une seconde série d'expériences était destinée à déceler le mouvement relatif de l'éther et de la matière. Pour cela, l'auteur a cherché si un fil enroulé sur la gorge d'une poulie tournant rapidement était le siège d'un courant. Si d'ailleurs, un tel résultat était obtenu, on pourrait voir là l'explication du magnétisme terrestre. La terre est un corps qui tourne. En admettant qu'un filet qui se déplace de 1 cm par seconde dans sa direction est le siège d'une force électromotrice k, on trouve qu'en un point de latitude λ on a les relations :

$$\frac{F_v}{\sin\lambda} = \frac{16}{15}\frac{\pi^{2k}}{\rho T}A_1^2 \qquad \frac{F_n}{\cos\lambda} = \frac{8}{15}\frac{\pi^{2k}}{\rho T}A_2.$$

A = rayon de la terre, T = durée de la rotation, ρ = résistance moyenne de la terre, F_v = composante verticale, F_n = composante horizontale du champ terrestre. Les observations donnent à peu près :

$$\frac{F_v}{\sin\lambda} = 0{,}614, \quad \frac{F_n}{\cos\lambda} = 0{,}316 ;$$

d'où :

$$\frac{k}{\rho} = 1276.10^{-17}.$$

Tout revient à déterminer k et à voir si on a alors pour ρ une valeur acceptable. Après divers essais, l'auteur a employé une roue de 4,2 cm de long, de 7,3 cm de rayon, fixée à un long arbre en acier assez flexible pour tourner autour de son axe principal à très grande vitesse. La roue était mise en mouvement par un moteur électrique de $\frac{1}{6}$ de cheval, la vitesse fut de 85 tours par seconde au début, mais on alla, dans la suite, jusqu'à 125 et même 150. Sur la périphérie de la roue, étaient enroulés 8 000 cm de fil de cuivre, numéro 36, donnant une résistance de 1 80 ω. Les deux extrémités du fil aboutissaient aux deux extrémités de l'arbre, à deux boutons d'argent sur lesquels frottaient deux balais reliés aux deux bornes d'un galvanomètre genre Thomson (un courant de 10^{-10} ampères donnait une déviation de 1 mm sur une échelle placée à 1 m). Les deux extrémités de la bobine communiquaient aux deux boutons d'argent par l'intermédiaire d'un inverseur porté par l'arbre et qu'on pouvait manœuvrer même quand la roue était en mouvement. A la fin, pour éviter les courants de convection, la roue était entourée d'une couronne de cuivre de diamètre intérieur de 3 mm plus grand que celui de la roue et de 2 cm d'épaisseur. L'auteur fit un grand nombre de lectures (1 000 environ) qui lui donnèrent des déviations variant dans d'assez bonnes limites et dont la moyenne fut 0. Pour éviter les courants de convection, il eut aussi l'idée de mettre une charge sur l'écran de cuivre isolé entourant la roue. D'après Rowland, une charge mobile entraînant l'éther, une charge fixe doit l'immobiliser. Le résultat des expériences fut encore nul.

Sur l'induction unipolaire, par E. Hoppe. *Drude's Annalen*, t. VIII, p. 663-675, juillet 1902. — Un aimant tourne autour de son axe et le circuit induit comprend une partie fixe ou bien est entraîné tout entier dans le mouvement de l'aimant. Dans le premier cas, on obtient le courant d'induction unipolaire : dans le second on n'observe rien. L'auteur en conclut que le magnétisme terrestre ne peut induire, par l'effet de la rotation du globe, aucune charge statique sur la surface, comme le prétendait Edlund. M.-L.

Remarque sur le mémoire précédent, par E. Lecher. *Ibid.*, t. IX, p. 248. — D'après E. Lecher, seules des expériences avec des circuits ouverts permettent de décider si un aimant tournant autour de son axe prend ou non une charge électrostatique sur sa surface.

M.-L.

Lois de l'électrolyse des vapeurs des sels alcalins, par Harold A. Wilson. *Philosophical Magazine*, 6e s., t. IV, p. 207-215, août 1902. — En 1891, Arrhénius (*Wied. Ann.*, t. XLII, p. 18), publiait les résultats d'expériences sur le passage de l'électricité à travers les flammes contenant des vapeurs de sels métalliques et était conduit à cette conclusion que les sels sont dissociés en ions dans une flamme de la même façon qu'ils sont ionisés dans une solution aqueuse. Les résultats d'Arrhénius furent confirmés et étendus en 1899 dans une série de recherches effectuées par MM. Dawson et Wilson sur l'initiative du professeur A. Smithells (*Phil. Trans.*, A, 1899). Depuis l'auteur a publié les résultats d'un travail ultérieur (*Phil. Trans.*, A, 1899 et 1901) qui paraît montrer d'une façon très nette que la conduction à travers les vapeurs salines est produite par des ions et est par conséquent analogue à la conduction électrolytique. — Les expériences décrites dans le mémoire qui nous occupe ont pour objet de déterminer les conductivités relatives de divers sels alcalins à différentes températures ; plusieurs des résultats qui y sont relatés ont été publiés dans un mémoire présenté cette année à la Royal Society sous le titre « Conductivité électrique de l'eau et des vapeurs salines ». — L'appareil employé dans ces expériences se compose d'un tube de platine placé horizontalement dans un fourneau à gaz et d'une électrode de platine concentrique au tube ; un circuit contenant une batterie d'accumulateurs donnant une force électromotrice variable de 50 à 1 500 volts et un galvanomètre est relié d'une part au tube, d'autre part à l'électrode axiale ; la déviation du galvanomètre fait connaître l'intensité du courant traversant la vapeur saline circulant entre le tube et l'électrode ; un couple platine-platine rhodié permet d'évaluer la température, laquelle est comprise entre 1 100 et 1 400° C ; la vapeur saline est obtenue en injectant dans le tube un mélange d'eau et d'une solution saline, mélange produit par un pulvérisateur Gouy à air comprimé ; les sels expérimentés étaient l'iodure de potassium, le carbonate de sodium et le carbonate de rubidium. — L'intensité du courant traversant la vapeur sous une différence de potentiel constante croit en même temps que la température et finit par devenir constante vers 1 300°. Ce courant de « saturation » est inversement proportionnel à l'équivalent électro-chimique du sel, ce qui vérifie l'une des lois de Faraday sur l'électrolyse. Il est en outre proportionnel à la quantité de sel passant dans le tube, quantité évaluée en comparant la coloration d'une flamme traversée par le courant gazeux avec la coloration produite par une quantité connue de sel ; ce résultat vérifie une autre des lois de Faraday.

BIBLIOGRAPHIE

Il est donné une analyse bibliographique des ouvrages dont **deux** *exemplaires sont envoyés à la Rédaction.*

La Téléphonie domestique. (Essai, pose et réparation des appareils), par **G. Bénard**, constructeur-électricien. Un vol. in-8° de 319 pages et 72 planches hors texte, publié par *H. Desforges*, éditeur, 39, quai des Grands-Augustins, Paris. Prix broché, 4,50 fr.

C'est le troisième volume des « Notes et croquis d'un électricien », du même auteur. Il est inutile d'insister sur l'opportunité de cette publication, une des plus complètes dans son genre, car la téléphonie est aujourd'hui indispensable à une maison de quelque importance. Aussi nous recommandons cet ouvrage, non pas seulement aux apprentis, que M. Bénard affectionne tout particulièrement, mais surtout aux amateurs. Parmi ces derniers, bien peu seraient capables de rechercher un défaut dans leur installation, parce qu'ils ne la connaissent pas. Qu'ils jettent un coup d'œil sur les schémas si clairs de M. Bénard et, en s'aidant du texte, ils arriveront bien vite à pénétrer tout le secret du montage, par suite, ils n'éprouveront aucune difficulté à découvrir les causes d'une interruption et à y porter remède. Comme les ouvrages similaires de l'auteur, celui-ci se distingue par la clarté et la façon méthodique dont les questions sont traitées.

B. K.

La Grande Encyclopédie. (Inventaire raisonné des sciences, des lettres et des arts.) *Société d'édition de la Grande Encyclopédie*, 61, rue de Rennes, Paris.

Lorsqu'on annonça, il y a quelques années, qu'une société de savants et de gens de lettres se proposait de refaire à la fin du XIXe siècle l'œuvre de Diderot et d'Alembert, l'entreprise fut tenue pour téméraire.

Elle présentait, en tous cas, de grandes difficultés. Le domaine des sciences, de nos jours, s'est singulièrement agrandi ; leurs applications se sont tellement multipliées qu'aucun esprit ne saurait aujourd'hui se flatter d'embrasser toute l'étendue de nos connaissances.

La Grande Encyclopédie est allée au devant de l'objection avec l'organisation sans précédent d'un comité de douze directeurs, la plupart membres de l'Institut, qui se sont portés forts, dans leurs sphères respectives, de l'exactitude et de l'ordonnancement de tout ce qui y a paru. Autour de ce brillant aréopage plus de 500 savants, professeurs et publiscites renommés, ont apporté chacun à l'édifice commun sa quote part de labeur, d'érudition et d'originalité.

Aussi la Grande Encyclopédie est-elle vraiment le seul ouvrage français de cette nature justifiant son titre.

Dans ses 31 volumes de 1 200 pages, elle synthétise l'énorme effort de production du XIXe siècle et, pour quiconque lit ou travaille, pour l'homme du monde aussi bien que pour l'érudit et le chercheur, elle est le complément indispensable de toute bibliothèque sérieuse. Au besoin même, elle y supplée.

Œuvre de référence sûre, de critique impartiale et de haute vulgarisation, elle offre sur chaque sujet un article documenté, rédigé et signé par un spécialiste, avec une bibliographie consciencieuse permettant aux savants comme aux simples curieux d'étudier à fond les questions qui les intéressent.

Les cartes, au nombre de 153, sont particulièrement réussies et font grand honneur à l'Encyclopédie. Elles ont été gravées et tirées en six couleurs et hors texte, avec un plan détaillé du chef-lieu pour les départements français. En outre, les plans des principales villes du monde et plus de douze mille dessins d'une haute valeur artistique viennent prêter leur appui au texte et donner toute la clarté nécessaire aux travaux de géographie, de mécanique, de géologie, de médecine, d'archéologie, etc..., pour la pleine intelligence desquels ce complément est indispensable.

L'exécution matérielle ne laisse rien à désirer ; le format in-8° est très maniable, le caractère moins maigre que celui des publications similaires, est des plus lisibles.

C'est à toutes ces qualités et à une telle organisation que cette œuvre considérable doit son grand succès. Complètement achevée aujourd'hui, c'est vraiment un monument admirable qui fait honneur à ceux qui l'ont mené à bien et à l'époque dont l'activité intellectuelle y est résumée.

Tome XXXIII — Samedi 15 Novembre 1902 — 9e Année — N° 46

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

SOMMAIRE

NOUVELLES ET ÉCHOS

Conservatoire national des Arts et Métiers, — Les cours du soir sont ouverts depuis la semaine dernière; nous signalerons les suivants :

Mécanique appliquée, par M. SAUVAGE, les lundis et jeudis à 9 h. 1/4.

Constructions civiles (Hydraulique), par M. PILLET, les lundis et jeudis à 9 h. 1/4.

Physique (Physique industrielle et chaleur), par M. VIOLLE, les lundis et jeudis à 8 heures.

Electricité industrielle, par M. Marcel DÉPREZ, les mercredis et samedis à 8 heures.

Chimie générale, par M. JUNGFLEISCH, les mercredis et samedis à 9 h. 1/4.

Chimie industrielle, par M. E. FLEURENT, les mardis et vendredis à 9 h. 1/4.

Métallurgie et Travail des métaux, par M. U. LE VERRIER, les mardis et vendredis à 8 heures.

Economie politique et Législation industrielle, par M. E. LEVASSEUR, les mardis et vendredis à 8 heures.

Economie industrielle et statistique, par M. A. LIESSE, les mardis et vendredis à 9 h. 1/4.

Histoire du travail, par M. G. RENARD, les lundis et jeudis à 8 heures.

Assurance et prévoyance sociales, par M. L. MABILLEAU, les mercredis et samedis à 8 heures.

Droit commercial, par M. P. BEAUREGARD, les samedis à 9 h. 1/4.

Résistance des véhicules à la traction. — *La Nature* du 8 novembre publie sur ce sujet l'information suivante :

Le problème vient d'être étudié, au moins sous certaines de ses faces, par le professeur Baker, de l'Université de l'Etat d'Illinois, qui s'est livré à une série d'expériences sur la résistance à la traction, pour essayer d'arriver à évaluer séparément les différentes pertes par frottement qui se produisent dans les véhicules tirés sur les grandes routes ordinaires. Pour le professeur Baker, le frottement de l'essieu est indépendant de la vitesse de traction ; mais il semble diminuer à peu près en raison inverse de la racine carrée de la pression. Pour les véhicules ne portant qu'une charge légère, le coefficient de frottement de l'essieu est environ de 2 p. 100 du poids ; tandis qu'avec des véhicules lourds il arrive à être en moyenne de 1 1/2 p. 100, et qu'enfin, avec des voitures légères lourdement chargées, il descend à 1/2 p. 100. Tous ces chiffres ont été relevés quand le graissage était bien assuré, et il a été reconnu que quand la lubrification n'est pas surveillée, le coefficient peut être six fois plus fort dans les divers cas étudiés.

Si nous abordons maintenant la résistance provenant de la surface de roulement, nous voyons, toujours d'après les expériences de M. Baker, que les grandes roues permettent un déplacement facile à toute vitesse, et sur des routes de terre aussi bien que sur des voies de macadam ou de sable. Il semble bien que la résistance varie en raison inversement proportionnelle de la racine carrée du diamètre de la roue. Avec de bonnes routes, la largeur du bandage employé a été reconnue n'entraîner que des différences très faibles dans la résistance à la traction ; quand, au contraire, les routes ne sont pas en bon état, on arrive à cette conclusion que, suivant les circonstances particulières, l'avantage reste tantôt aux bandages étroits, tantôt aux bandages larges. Toutefois, sur terre de culture, un bandage de 12 cm de large est toujours meilleur qu'un bandage de 3 ou 4 cm. Ces expériences de M. Baker ne donnent pas une solution définitive, mais elles viennent fort à point au moment où les automobilistes discutent les avantages respectifs des petites et des grandes roues.

La production du cuivre dans le monde. — De récentes statistiques ont établi que la production du cuivre dans toutes les parties du monde a atteint, en 1901, 512 131 tonnes, supérieure de 26 091 tonnes à celle de l'année précédente.

La plus grande quantité est fournie par l'Amérique qui, à elle seule, en a produit 262 206 tonnes en décroissance pourtant de 6000 tonnes sur le chiffre de l'année 1900. Immédiatement après viennent l'Espagne et le Portugal avec 53621 tonnes, l'Australie avec 30 785 tonnes en augmentation de 7 785 sur l'année antérieure. Cet accroissement s'explique principalement par la création de nouvelles compagnies minières en Australie et par le prix élevé du cuivre en 1900-1901. Le Chili arrive en quatrième rang avec une production de 30 000 tonnes, en cinquième le Japon avec 24 471 tonnes, en sixième le Mexique avec 23 795 tonnes et l'Allemagne en septième rang avec 21 720 tonnes montrant une légère augmentation sur l'année précédente. Le Canada se range huitième sur cette liste avec 18 800 tonnes, sa production de 1900 n'avait atteint que 8 500 tonnes. Et successivement viennent le Pérou avec 9520 tonnes la Russie avec 8 000 tonnes, l'Afrique du Sud avec 6 400 tonnes en décroissance de 320 tonnes sur l'année précédente. Le restant des autres pays produit moins de 5 000 tonnes pour chacun, la production du Royaume-Uni est estimée à 600 tonnes.

Compagnie Française pour l'Exploitation des Procédés

THOMSON-HOUSTON

CAPITAL : 40 MILLIONS

Siège social : 10, rue de Londres, PARIS

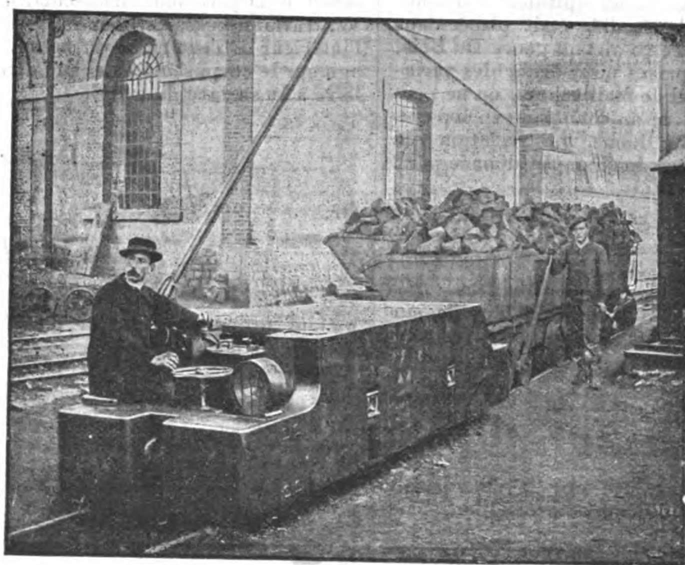
Téléphone :
158.81 — 158.11 — 258.72

Adresse télégraphique :
Elihu-Paris

Traction électrique

Éclairage électrique   Transport de force

LOCOMOTIVES DE MINES



La locomotive électrique, représentée ci-dessus, est notre modèle TMM 30.

Grâce à ses dimensions réduites (1 m 25 de largeur), elle peut pénétrer dans les galeries les plus étroites et sa puissance est suffisante pour pouvoir transporter, par 24 heures, à une distance de 2 kilomètres du lieu d'extraction, 3000 tonnes de minerai au moyen de 6 à 8 wagonnets.

Diverses exploitations minières ou métallurgiques, tant en France qu'à l'étranger, en utilisent déjà un grand nombre.

LITTÉRATURE DES PÉRIODIQUES ET BREVETS

L'Office de renseignements techniques fondé par l'Association amicale des Ingénieurs Electriciens, (11, rue Saint-Lazare-IXe), se charge de procurer aux abonnés de *L'Éclairage Électrique*, avec réduction sur les tarifs ordinaires, les publications périodiques et le texte ou la traduction des articles relatifs à l'électricité et aux industries qui s'y rattachent.

Théorie.

Variation de la résistivité des métaux placés dans un champ magnétique, par Patterson. *Journal de Physique*, 4e s., t. I, p. 673-675, octobre 1902, d'après *Phil-Mag.*, 6e s., t. III, p. 643, juin 1902. — De telles variations ont été signalées par Lord Kelwin, Tomlinson, Goldhammer, Lenard. — J.-J. Thomson en a donné une explication dans la théorie des électrons où on considère les courants électriques dans les métaux comme produits par des corpuscules chargés négativement, se déplaçant avec une vitesse déterminée sous une force électromotrice donnée. Ces corpuscules sont traités comme un gaz parfait, ayant un libre moyen parcours, une vitesse moyenne, exerçant une pression déterminée. — Si on applique un champ magnétique transversal, ils décrivent une cycloïde; leur chemin ainsi augmenté, la résistance du conducteur croît. — Si le champ est dans la direction du déplacement, ils décrivent des hélices autour des lignes de force, et, par suite, la résistance est encore augmentée. — A la demande de J.-J. Thomson l'auteur a étudié le phénomène expérimentalement sur des métaux non magnétiques. — Le fil isolé était enroulé — en double, pour supprimer la self-inductance — en spirale placée entre deux feuilles de mica. Deux spirales identiques formaient les deux bras d'un pont de Wheatstone dont les deux autres étaient constituées par deux spirales identiques de maillechort. — La spirale étudiée était placée dans le champ très intense d'un électro-aimant genre Du Bois. — Des précautions étaient prises pour éviter des variations de température. — Avec le maillechort, on ne peut déceler aucun changement avec un champ de 26 600 unités. Avec le cuivre, l'auteur donne une variation qui serait proportionnelle au carré du champ et donnée par :

$$\frac{dA}{A}\frac{10^{13}}{H^2} = 26,$$

A étant la résistance et H le champ. — D'autres expériences furent faites avec du fil enroulé en double sur une feuille de mica, les résultats obtenus sont les suivants :

	Cd	Zn	Hg	C	Au	Ag	Cu	Sn	Pt
$\frac{dA}{A}\frac{10^{13}}{H^2}$	282	87	54	44	37	26	26	23	6

Des expériences faites de manière que le champ soit parallèle au courant, ont aussi donné une variation, mais ont donné des résultats moins sûrs. Dans la théorie de J.-J. Thomson, $\frac{1}{A} = neu_0$ (n : nombre de corpuscules dans l'unité de volume et $\frac{dA}{A} = \frac{1}{3} H^2 u_0^2$. Les nombres ci-dessus permettent de calculer u_0 = vitesse du corpuscule, acquise sous l'action d'un champ unité. Pour le platine :

$$u_0 = 3{,}9 \times 10^{-7}.$$

Mais $u_0 = \frac{1}{2}\frac{e}{m}\frac{\lambda}{C}$, e = charge d'un corpuscule de masse m, λ = libre moyen parcours ; C = vitesse initiale $= 7{,}6 \times 10^6$ à 270 C. On déduit de là $\lambda = 5{,}9 \times 10^{-7}$, toujours pour le platine, et, par suite, $ne = 280$. On déduit de là que la pression exercée par les corpuscules dans le cas du Pt serait de 700 atmotsphères et que $n = 1{,}4 \times 10^{22}$. On trouve de même pour le temps $t = \frac{\lambda}{C}$ que met le corpuscule à parcourir son libre moyen parcours : $t = 8 \times 10^{-14}$, et, par suite, pour q, nombre de corpuscules produits par seconde à l'état permanent, $q = \frac{nC}{\lambda} = 1{,}8 \times 10^{35}$. On a pu de même calculer ces mêmes quantités pour les autres métaux. — La connaissance de la pression corpusculaire permet de connaitre W, travail nécessaire pour faire passer un corpuscule de l'intérieur à l'extérieur du métal. Si X est la force qui agit sur le corpuscule dans une direction ox perpendiculaire à la surface du métal,

$$W = \int X\,dx.$$

Or,

$$Xne = -\frac{dp}{dx}$$

p étant proportionnel à la température absolue et au nombre de corpuscules :

$$-\frac{dp}{dx} = -C_0\frac{dn}{dx},$$

d'où

$$W = -\frac{C_0}{e}\log n.$$

Si tout le travail est électrique, W est la différence de potentiel. — Dans le cas de deux métaux, la différence de potentiel au contact V sera :

$$V = \frac{C_0}{e} \log \frac{n_1}{n_2}.$$

Si, avec Maxwell, on suppose que dans un gaz il y a 2×10^{19} molécules par cm³, à la température et à la pression normales,

$$\frac{C_0}{e} = 0{,}027 \quad \text{et} \quad V = 0{,}027 \log \frac{n_1}{n_2}.$$

On obtient ainsi pour les valeurs des différences de potentiel au contact :

Cu-Pt	Cu-Au	Cu-Ag	Cu-Cd	Cu-Zn	Cu-C
0,0239	0,0117	0,0015	0,0684	0,0546	0,2176

Détermination du nombre de transport de quelques sels dans le phénol, par E.-H. Riesenfeld. *Drude's Annalen*, t. VIII, p. 609-616. — Si on admet la loi énoncée ci-dessus, l'expérience permet de déterminer le nombre de transports d'un ion dans l'un des dissolvants quand on le connaît pour l'autre. Cette méthode appliquée aux chlorure, bromure et iodure de potassium et au chlorure de potassium dissous dans l'eau et dans le phénol, a donné 0,81 pour les trois premiers, 0,77 pour l'autre. Ces nombres de transports sont plus grands, mais entre eux dans le même rapport que ceux déterminés pour l'eau. Ils sont indépendants, comme le supposait la théorie, de la concentration, de la durée de l'électrolyse, de la forme et des dimensions des vases. M. L.

Détermination de la conductibilité et du pouvoir inducteur de quelques liquides et dissolutions au-dessus et au-dessous de leur point critique, par P. Eversheim (*Drude's Annalen*, t. VIII, p. 539-567), juillet 1902 ; **Piles à dissolvant gazeux**, par A. Hagenbach *Ibid.*, p. 568-575. — Des mesures effectuées par la méthode de Nernst sur l'anhydride sulfureux liquide et les dissolutions de KCl, KBr, RbI dans ce milieu, sur l'éther, le gaz chlorhydrique dissous dans l'éther et le chlorure d'éthyle, il résulte que la conductibilité subit une forte diminution immédiatement au-dessous de la température d'ébullition absolue. Ceci est en désaccord avec la théorie d'Arrhénius qui prévoit l'existence d'un maximum : le calcul donne d'ailleurs souvent pour ce maximum une température supérieure de beaucoup à la température critique. De même le pouvoir inducteur diminue brusquement au voisinage du point critique, sans discontinuité pourtant. Il semblerait donc qu'il existe une relation entre les deux propriétés, quoique jusqu'à présent on n'ait pas réussi à formuler de loi. En plongeant dans une dissolution d'iodure de rubidium dans l'anhydride sulfureux liquide une électrode de platine et une autre en platine recouvert de cuivre, M. Hagenbach a obtenu un élément de pile, dont la force électromotrice est de l'odre du dixième de volt : aux alentours de la température critique, elle est à peu près constante et la même que les électrodes soient dans le liquide ou dans la vapeur. M. L.

Rôle de la vapeur d'eau dans la conduction par les gaz, par Percival-Lewis. *Philosophical Magazine*, 6e s., t. III, p. 512-514, mai 1902. — Dans un mémoire antérieur, M. Trowbridge attribuait la conductibilité des gaz raréfiés à la vapeur d'eau. M. Percival-Lewis reconnaît qu'il est difficile d'éliminer complètement d'un tube à vide toute trace d'impuretés, mais il ne considère nullement comme démontré le rôle exclusif que M. Trowbridge fait jouer à la vapeur d'eau dans l'explication de la conductibilité des gaz raréfiés.

Déperdition des charges électriques positives parles métaux chauffés, par R.-J. Strutt. *Philosophical Ma-*

gazine, 6e s., t. IV, p. 98-103, juillet 1902. — Ce phénomène fut observé pour la première fois par Guthrie (*Phil. Mag.*, 4e s., t. XLVI, p. 273), qui constata qu'au rouge les métaux abandonnent leurs charges positives et qu'au rouge blanc ils peuvent également perdre des charges négatives. L'auteur s'est proposé de déterminer à quelle température commence le phénomène de la déperdition et l'influence qu'exercent sur lui la nature du métal, la pression et la nature du gaz environnant et l'état de la surface. — Dans ce but un fil métallique est disposé suivant l'axe d'un tube de verre placé dans une enveloppe métallique chauffée par une grille à gaz. Ce fil, bien isolé, est chargé à un certain potentiel évalué au moyen d'un électromètre à feuille d'or dont la feuille est observée à l'aide d'un microscope. L'isolement du fil et de l'électroscope était assez parfait pour que le système, chargé initialement au potentiel de 100 volts, ne perdit qu'une fraction de volt en vingt-quatre heures. Les expériences furent faites avec un fil d'argent et un fil de cuivre plus ou moins oxydé, le gaz employé était l'air ou l'hydrogène ; la pression du gaz était de 1 cm de mercure environ. — Ces expériences montrèrent que la déperdition commence à une température bien inférieure à celle indiquée par Guthrie, à 200° environ elle croit rapidement avec la température. La nature du métal ne semble pas avoir d'influence bien marquée sur cette déperdition, mais l'état de la surface influe considérablement ; ainsi, le système étant porté à 100 volts, la vitesse de la déperdition atteint 10 divisions de l'électroscope par heure : 250° avec un fil d'argent dans l'air, à 228° avec le même fil dans l'hydrogène, à 266° avec un fil de cuivre oxydé dans l'eau, à 287° avec un fil de cuivre dans l'air et à 310° avec un fil de cuivre oxydé dans l'hydrogène ; il semble que dans le cas où une action chimique est possible entre la couche superficielle du métal et le gaz environnant, la déperdition se trouve retardée.

Sur la conductibilité électrolytique des gaz au point critique, par A. Hagenbach. *Journal de Physique*, 4e, t. I, p. 652, octobre 1902, d'après *Physik. Zeitschrift*, t. I, p. 481-485, 1900. — Un tube, en partie rempli d'une dissolution d'iodure ou de bromure de sodium dans l'acide sulfureux liquide, contient deux électrodes métalliques qui plongent dans le liquide ou dans sa vapeur, suivant que l'on tourne le tube dans un sens ou en sens inverse. La résistance du liquide croît très rapidement à mesure qu'on s'approche du point critique. Pour la vapeur, la résistance paraît infinie jusqu'à une faible distance du point critique ; cependant, d'après l'auteur, elle prend alors une valeur mesurable, quoique encore très grande, passe par un minimum an point critique et croît ensuite lentement. Ce résultat, qui n'est donné par l'auteur qu'à titre d'indication préliminaire, demande évidemment à être confirmé par des expériences plus précises.

Spectres des gaz dans le champ magnétique, par G. Berndt, *Drude's Annalen*, t. VIII, p. 625-643, juillet 1902. — Le spectre des gaz, quand on place les tubes de Geissler dans un champ magnétique, sont modifiés surtout dans leur intensité et aussi dans leur aspect. Les spectres de lignes n'éprouvent que de légères variations d'intensité : les spectres de bandes sont masqués par le spectre du mercure. Ces variations proviennent de l'accroissement de résistance du gaz. Le phénomène de Zeeman est très difficile à observer avec la plupart des gaz. Par contre, l'hélium le montre d'une manière très nette quand les conditions expérimentales sont bien choisies ; le mercure donne un phénomène encore très net, quoique moins beau. M. L.

Recherches expérimentales sur la distribution superficielle du courant dans les oscillations électriques, par A. Chant. *Journal de Physique*, 4e s., t. I, p. 668-669, octobre 1902, d'après *Phil. Mag*, 6e s., t. III, p. 425, avril 1902. — Maxwell, et après lui un grand nombre de physiciens ont montré qu'un courant alternatif se propageant dans un conducteur cylindrique de rayon a était ramassé dans une couche superficielle de rayon a, d'épaisseur égale à $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\sigma}{\mu n}}$, où $\sigma =$ résistivité du métal ; $n =$ fréquence du courant ; $\mu =$ perméabilité du métal. C'est du moins à cette épaisseur que le courant est la fraction $\frac{1}{\varepsilon}$ de ce qu'il est à la surface, et c'est cette valeur que J.-J. Thomson et Poincaré considèrent comme épaisseur de la couche intéressée. A cette profondeur, la différence de phase est 57°,3 = 1 radian. Si on applique cette formule à des fréquences très grandes comme celles des oscillations électriques, on trouve les valeurs suivantes pour ε :

	Épaisseur ε		
Fréquence = n	Cuivre	Pt	Charbon
375 millions	0,00033 cm	0,00092 cm	0,01749 cm
825 »	0,00022 »		
2 000 »	0,00014 »		
3 200 »	0,00011 »		

Ces épaisseurs sont très petites et l'on peut penser que la nature du métal et son épaisseur ne doivent avoir aucune influence sur les oscillations produites par les oscillateurs. Hertz avait émis cette opinion. Bjerknes a trouvé, au contraire, une influence du métal. Il a trouvé, par exemple, l'épaisseur de métal qu'il fallait poser sur un oscillateur donné, pour avoir le même effet que si tout l'oscillateur était formé de ce nouveau métal. Voici ces épaisseurs :

Cu. sur Fe.	Zn. sur Fe.	Ni. sur Cu.	Fe. sur Cu.
0,012 mm	0,016 mm	0,003 mm	0,003 mm

Marconi et Righi ont dit également que l'action des sphères pleines est plus du double que celle des sphères creuses. M. Chant a alors voulu étudier expérimentalement l'intensité des oscillations électriques données par des oscillateurs divers : Les oscillateurs cylindriques

terminés par des hémisphères avaient 2,5 cm de diamètre et 12,5 cm de long. Les oscillateur sphériques étaient du genre Righi, avec des sphères de 2,5 cm de diamètre ou de 4 centimètres et des boutons de 1,9 cm, ou des sphères de 10 centimètres de diamètres et des boutons de 3,7 cm. Les sphères étaient plongées dans l'huile. On fit seize modèles d'oscillateurs avec du laiton massif, du fer massif, du cuivre de 1,9 mm et 0,8 mm d'épaisseur, du charbon à lumière massif, des feuilles de platine, d'argent, d'étain, d'or sur des formes en bois, enfin avec de l'argent déposé sur un modèle en verre. L'épaisseur des feuilles d'or était de 0,0000114 cm, celle des feuilles d'argent de 0,00003 cm; l'épaisseur du dépôt d'argent sur le verre, de 0,000013 cm. On fixa, dans tous les cas, deux petites disques de platine de 1 centimètre entre lesquels éclatait l'étincelle. La bobine de Ruhmkorff, de 12,5 cm d'étincelle, était munie d'un interrupteur Pierce formé d'une tige mobile de platine plongeant dans un godet contenant du mercure lavé par un courant d'eau. En série avec cet interrupteur est placé un interrupteur formé d'un pendule qui établit le contact pendant un temps tel qu'il y ait six interruptions pendant une oscillation du pendule. L'oscillateur était placé suivant une ligne focale d'un miroir parabolique, de 75 centimètres de haut, de 60 centimètres de large et d'une distance focale de 12,5 cm. Le récepteur employé était celui de Rutherford, formé d'un noyau de fil de fer doux (fil fin de 0,14 mm de diamètre), sur lequel on a enroulé 90 tours de fil de cuivre, dont les deux extrémités sont reliées à un fil placé suivant la ligne focale d'un miroir parabolique identique au précédent. Le petit noyau de fer doux est d'abord aimanté à saturation et son aimantation mesurée au moyen d'un magnétomètre. Sous l'action des oscillations électriques parcourant le fil qui l'entoure, son aimantation change. La mesure de cette diminution permet de mesurer l'intensité de ces oscillations. Au moyen de ce dispositif très sensible, M. Chant n'a pas trouvé de différence entre ses divers modèles d'oscillateurs, ou cylindriques ou sphériques.

Diffraction des rayons Rœntgen, par H. Haga et C.-H. Wind. *Konink Akad. Wetensch. Amsterdam, Verslagen*, t. XI, p. 350-357, 1902. — Dans un précédent mémoire presenté en 1899 à l'Académie d'Amsterdam, les auteurs avaient montré que les rayons Rœntgen subissent la diffraction : ces rayons, après avoir traversé une première fente étroite, venaient tomber sur une seconde fente et de là sur une plaque photographique servant à enregistrer les phénomènes. Or, M. B. Walter (*Physik. Zeitschrift*, t. III, p. 137, 1902), ayant dernièrement mis en doute ces résultats, les auteurs refont leurs expériences, en se servant d'un dispositif perfectionné. On lira, dans le mémoire original, tous les détails relatifs à la méthode suivie, qui est essentiellement identique à celle des recherches antérieures, si ce n'est qu'on a profité de « l'expérience acquise par les auteurs et par M. Walter », pour quelques points secondaires. Les résultats de ces expériences démontrent d'une manière encore plus éclatante l'existence de phénomènes de diffraction et mettent en évidence la vraie nature des rayons X, qui ne peuvent plus être que des perturbations d'équilibre de l'éther. MM. Haga et Wind ont cependant été plus loin ; ils ont tâché de trouver, au moyen de leurs résultats, des valeurs approximatives des longueurs d'onde qui sont en jeu dans les rayons Rœntgen. Comme il ne s'agit point ici de vibrations purement périodiques, les trois nombres $\gamma = 0,16$, $0,85$, $0,12\ \mu\mu$ donnent seulement une idée de l'ordre de grandeur des longueurs d'onde jouant un rôle prépondérant dans la courbe d'énergie des rayons X. Remarquons que les valeurs déduites des expériences antérieures étaient du même ordre de grandeur.

A. Gradenwitz.

Sur la radio-activité de l'air enfermé dans les caves, par Elster et Geitel. *Electrician*, t. XLIX, p. 977, 10 octobre 1902, d'après *Physikal Zeitschr* du 15 septembre 1902. — Les auteurs ont montré antérieurement que tout conducteur devient radio-actif quand, étant chargé, il est exposé à l'air, principalement à l'air renfermé dans un espace souterrain fermé. Dans le but d'élucider ce phénomène, ils ont fait de nouvelles expériences sur de l'air enfermé depuis trois semaines dans une étuve et sur de l'air aspiré du sol : si le phénomène est dû à l'air lui-même, il devra se manifester dans les deux cas ; s'il est dû au contact de l'air avec la terre il ne devra être observé que dans le second. Pour aspirer l'air du sol, ils enfoncent un tube de fer dans la terre meuble de jardin ; un tube de verre relié au précédent amène ensuite l'air dans un électrocope. Les résultats de ces expériences indiquent que l'effet de l'air d'une cave ou d'un cellier est bien dû au contact avec le sol, car l'électroscope était déchargé en quelques minutes par l'air aspiré du sol, tandis qu'il ne présentait aucune anomalie avec l'air pris dans l'étuve. De ces expériences, les auteurs concluent que l'air est soumis à deux sources de radio-activité : l'action du soleil sur les hautes couches de l'atmosphère, démontrée antérieurement et l'exhalation du sol de l'air qui a été en contact avec la terre et qui se diffuse par de nombreux canaux capillaires.

Influence de l'aimantation sur la torsion, par K. Schreber. *Journal de Physique*, 4e s., t. I, p. 645, octobre 1902, d'après *Physik Zeitschrift*, t. II, p. 18-20, 1901. — A l'occasion d'une publication de M. Stevens (*Physik Zeitschrift*, t. I, p. 194, 1900), parue sous ce titre, l'auteur rappelle un travail de M. Grösser. Ce savant tendait le fil en expérience à l'intérieur d'un solénoïde vertical ; le fil portait à sa partie inférieure un barreau magnétique que l'on pouvait faire osciller à distance à l'aide d'un aimant. Il étudiait successivement les oscillations du système sans courant et quand le solénoïde était parcouru par le courant. Il a observé que l'aimantation produit une torsion permanente dont le sens semble indépendant du sens de l'aimantation, et qui est plus grande pour les fils d'acier que pour les fils de fer.

Sur les irrégularités de la pile-étalon au cadmium, par H. Wind. *Journal de Physique*, 4e s., t. I, p. 651, octobre 1902, d'après *Versl. Koninkl. Acad van Wetensch, te Amsterdam*, t. X, p. 595-601, 1901. — Cette pile est

formée d'une électrode liquide d'amalgame de cadmium et d'une électrode de cadmium solide. Elle est construite conformément aux prescriptions du Physikalische Teichnische Reichanstalt. — M. Cohen (*Versl. K. A. v. W., Amsterdam*, t. IX, p. 125, 1900) a trouvé des différences assez importantes entre deux éléments construits sur ce type. M. Wind cherche à expliquer ces irrégularités en admettant que l'amalgame à 14,3 p. 100 de cadmium est susceptible de donner naissance à deux phases distinctes : il en serait de même de tous les amalgames de cadmium compris entre 6 et 14,3 p. 100. A l'appui de cette interprétation, l'auteur signale des expériences de M. Jäger, d'après lesquelles une pile formée d'un amalgue de cadmium à 14,3 p. 100 et d'un autre amalgue à x p. 100 réunis par une solution étendue de sulfate de cadmium, présente une force électromotrice nulle pour toutes les valeurs de x comprises entre 6 et 14,3 ; ceci ne peut s'interpréter, d'après la règle des phases, qu'en admettant qu'entre ces limites l'amalgame variable représente non une seule phase, mais deux.

Piles de concentration avec dissolvants non miscibles, par E.-H. Riesenfeld. *Drude's Annalen*, t. VIII, p. 616-624, juillet 1902. — Lorsque deux dissolvants sont en contact et renferment un électrolyte, les coefficients de partage sont différents par l'anion et le cation. Par conséquent, il tend à se produire une différence de concentration des ions entre les deux dissolutions et par suite une différence de potentiel. On peut faire décrire à l'élément de pile ainsi constitué, un cycle réversible et calculer ainsi sa force électromotrice d'après la théorie de Nernst. L'expérience donne des nombres d'accord avec ceux qu'on calcule : et la mesure de ces forces électromotrices, permet aussi de déterminer les nombres de transport : mais cette méthode conduit à d'autres valeurs que la méthode indiquée ci-dessus. Il reste à trouver une explication satisfaisante de cette divergence. M. L.

Interrupteur à haute tension F.-J. Jervis-Smith, pour appareil de Tesla. *Philosophical Magazine*, 6e s., t. IV, p. 224-226, août 1902. — Cet interrupteur, placé dans le circuit secondaire de la bobine de Ruhmkorff qui alimente l'enroulement primaire du transformateur Tesla, est un simple interrupteur à boules disposé verticalement suivant l'axe d'un récipient cylindrique de verre où l'on comprime de l'air ; la tige de la boule supérieure passe à frottement à travers le couvercle du récipient et peut être mue par une vis micrométrique. A mesure que l'on augmente la pression dans le récipient, les étincelles au secondaire du transformateur Tesla deviennent plus fournies et plus puissantes. Lorsque la pression atteint deux atmosphères elles sont extrêmement pénétrantes ; un tube de vulcanite dont les parois avaient de 0,45 cm d'épaisseur est immédiatement perforé ; une lame de verre de même épaisseur est percée sans craquelures ; si l'on place une lame de verre sur une feuille d'étain dans un bain d'huile et qu'on fasse glisser sur la lame l'autre électrode en la déplaçant à la main aussi vite que possible, la lame se trouve coupée très nettement et l'auteur propose d'utiliser ce fait pour découper le verre. L'auteur a aussi constaté qu'en insérant cet interrupteur dans le circuit secondaire d'une bobine de Ruhmkorff alimentant un tube de Rœntgen, on augmente l'intensité de la radiation.

Nouveaux phénomènes magnéto-optiques présentés par certaines solutions magnétiques, par Q. Majorana. *Rendiconti dei Lincei*, 4 mai 1902. *Il Nuovo Cimento*, t. IV, p. 44, juillet 1902. — L'auteur a entrepris une série d'expériences pour rechercher l'analogue du phénomène électrostatique de Kerr dans un champ magnétique. En faisant agir le champ magnétique sur certaines solutions magnétiques, il a observé : 1° la biréfringence magnétique avec la solution de chlorure ferreux et de fer dyalisé ; 2° le dichroïsme magnétique, c'est-à-dire des modifications dans l'absorption lumineuse de ces solutions ; 3° les rotations bi-magnétiques du plan de polarisation de la lumière avec les solutions de chlorure ferrique contenant des hydrates de fer et du fer dyalisé. — Dans les expériences de Majorana le tube contenant le liquide en expérience est placé entre les pièces polaires d'un électro puissant, la biréfringence est compensée par des lames de verre comprimées. Lorsque le plan de polarisation de la lumière est parallèle ou normal aux lignes de force, on ne voit pas réapparaître la lumière sous l'action magnétique, tandis que cela a lieu si le plan est à 45° sur les lignes de force. — La solution de chlorure ferreux récemment préparée et peu concentrée donne souvent une légère biréfringence positive. Le fer dyalisé ou l'oxyde ferrique colloïdal présentent des phénomènes bien plus marqués et variables suivant l'origine de la solution : biréfringence positive ou négative et souvent changement de signe de positif à négatif lorsque le champ augmente. — Les solutions employées ont un fort pouvoir absorbant, ce qui donnait à penser que, sous l'action du champ magnétique, ce pouvoir serait modifié inégalement dans les différentes directions et suivant la position du plan de polarisation de la lumière. L'auteur expose les résultats obtenus en étudiant ce dichroïsme ; les phénomènes sont tout à fait semblables à ceux obtenus avec les cristaux uniaxes doués de ce dichroïsme. — Les expériences relatives à la rotation bi-magnétique du plan de polarisation n'étant pas terminées, l'auteur en remet le compte rendu à plus tard. G. G.

A propos du phénomène Majorana, par W. Woigt. *El Nuovo Cimento*, t. IV, p. 52, juillet 1902. *Rendiconti dei Lincei*, 15 juin 1902. — Voigt montre que les phénomènes magnéto-optiques observés par Majorana avec certaines solutions magnétiques peuvent être facilement traités théoriquement en suivant les principes qu'il a déjà adoptés pour l'explication du phénomène de Kerr, et il retrouve les différentes lois énoncées par Majorana.

G.

Génération et Transformation.

Quelques expériences sur l'économie de la machine à vapeur, par le professeur B.-L. Weighton. *Electrician*, t. XLIX, p. 747-750, 29 août 1902. — Ces expé-

riences, effectuées au laboratoire du Durham College of Science, à Newcastle-upon-Tyne, avaient pour objet de déterminer l'effet économique : 1° du réchauffage de la vapeur ; 2° de la variation du degré de vide au condenseur. — I. Les essais relatifs au réchauffage de la vapeur furent effectués sur une machine compound, marchant constamment à la pression de 14,4 kg par cm². Un dessin montre la disposition du réchauffeur dans le réservoir intermédiaire. Pour déterminer l'influence du réchauffage à différentes charges, on fit varier la puissance de la machine par la modification de la détente. Ces essais, dont les résultats sont consignés dans un tableau et représentés par une courbe, montrent que le réchauffage : *a*) réduit la valeur de la condensation dans le réservoir intermédiaire ; *b*) élève la pression dans ce réservoir ; *c*) élève la pression moyenne dans toute la machine ; *d*) accroît la vitesse ; *e*) augmente la sécheresse de la vapeur qui agit dans le cylindre à basse pression. Ces effets peuvent être considérés comme économiquement favorables. Mais, d'autre part, le réchauffage : *a*) abaisse le rendement mécanique de la machine ; *b*) augmente la consommation de vapeur par cheval développé : et ces effets sont préjudiciables à l'économie. — II. Pour les essais relatifs au degré de vide, la machine fonctionnait à triple expansion, à la pression de 10,8 kg par cm² et à détente constante. On modifiait le degré de vide en faisant varier la quantité d'eau de circulation. Les courbes représentant les résultats montrent que le meilleur rendement s'obtient pour une pression d'environ 65 à 70 cm de mercure au condenseur. On voit donc que ce n'est pas le vide le plus parfait qui correspond à l'économie la meilleure : c'est que la condensation, et par suite le refroidissement, plus ou moins élevés selon le degré du vide, influent sur la quantité de vapeur qui entre dans les cylindres à chaque coup de piston. Tous ces essais ont été effectués sans usage de chemises de vapeur.

P. L.

Le meilleur type de machine à vapeur à adopter pour les grandes usines génératrices, par A.-A. Day. *Electrician*, t. XLIX, p. 558-560, 25 juillet 1902. — Pour les usines génératrices de grande puissance, l'auteur se déclare partisan des machines à vapeur à faible vitesse, horizontales, compound ou à triple expansion, avec la génératrice accouplée directement entre les manivelles. Il énumère les avantages ainsi obtenus : la machine à faible vitesse est la plus économique pour les grandes puissances ; la machine horizontale supprime les tuyaux passant au-dessus du plancher de la salle des machines ; les réparations sont réduites au minimum si l'on adopte les distributeurs Corliss ; la machine et la dynamo sont facilement accessibles ; l'arbre est d'une seule pièce ; les portages peuvent être ajustés verticalement et horizontalement, ce qui permet l'ajustage de l'entrefer de la dynamo. C'est seulement au point de vue de l'encombrement que la machine verticale à grande vitesse est préférable ; dans les cas où cette question a beaucoup d'importance, il faudrait employer les turbines. Quant à la consommation de vapeur par cheval, son influence est masquée par celle du facteur de charge, qui est très bas dans les usines d'électricité. Pour les unités très puissantes et qu'on pourra faire marcher constamment à pleine charge, les machines à triple expansion sont indiquées ; les autres seront compound. L'auteur n'a pas traité la question du prix, qui est secondaire dans les grandes installations électriques ; le type de machine qu'il propose n'aurait d'ailleurs aucun désavantage à ce point de vue.

P. L.

Convoyeur mécanique de combustible, système Hunt, *Revue Industrielle*, t. XXXIII, p. 281, 19 juillet 1902. — L'article décrit l'installation faite à l'Exposition de Düsseldorf pour le chauffage de trois chaudières. Une chaîne à godets, sans fin, de 58 m de longueur, circule suivant les côtés d'un rectangle vertical de 16 m de hauteur et

d'une largeur égale à celle de l'ensemble des trois chaudières. Dans la charpente qui soutient les guides de la chaîne se trouvent aménagées une chambre à charbon et une chambre à cendres pour chaque corps de chaudière, soit six chambres dans l'installation en question; les chambres à cendres sont sur la face extérieure de la charpente, les chambres à charbon au-dessus des foyers des chaudières. Le combustible, amené par wagonnets, est versé dans une manche qui le conduit dans les godets situés à la partie inférieure, en sous-sol; ces godets l'élèvent ensuite dans les chambres à charbon, d'où il descend par son poids dans les foyers. Les cendres sont amenées de la même façon dans les chambres correspondantes et de là sont versées dans des wagonnets. Des trappes et des butées convenablement disposées font basculer les godets dans la chambre que l'on veut remplir. La manœuvre de la chaîne, effectuée par un moteur électrique, absorbe 5 chevaux à pleine charge et 2 chevaux à vide.

Saturation normale du circuit magnétique des alternateurs, par R. Beattie. *Electrician*, t. XLIX, p. 479-480, 11 juillet 1902. — L'auteur définit ainsi la saturation normale : c'est le rapport entre l'aptitude au réglage de la tension aux bornes et le taux pour cent de chute de tension entre la marche à vide et la pleine charge. L'aptitude au réglage de la tension se définit par le rapport $\frac{dE}{dI}$, E étant la tension aux bornes en charge, I le courant d'excitation. L'auteur trace des courbes représentant les variations de ces quantités et indiquant la valeur la plus avantageuse qu'on doit donner à la saturation normale. P. L.

Faut-il munir d'appareils de sécurité les égalisateurs de tension? par J.-B. Clarke. *Electrical Review* (Londres), t. LI, p. 58-59, 11 juillet 1901. — L'auteur fait remarquer que : 1° la fonction essentielle d'un égalisateur de tension est de maintenir des différences de potentiel égales entre le fil neutre et les deux conducteurs extrêmes ; 2° l'égalisateur ne doit jamais cesser de fonctionner tant qu'il est relié au réseau, car les conséquences d'un arrêt (abaissement brusque de la tension d'un côté, élévation de l'autre) seraient désastreuses pour l'exploitation. L'auteur en conclut qu'il ne faut protéger l'égalisateur ni par fusibles ni par coupe-circuit automatiques; un employé seul pourra l'isoler du réseau, après avoir assuré l'équilibrage d'une autre manière. S'il survient un léger défaut dans un des circuits, l'égalisateur fera fondre le plomb de la section endommagée; si le défaut est grave, le courant intense qui s'établira dans l'un des circuits élèvera momentanément la tension dans l'autre, mais les fusibles des feeders fonderont avant que les induits de l'égalisateur aient pu être endommagés. Les fusibles ou coupe-circuit automatiques sont cependant nécessaires pour la mise en marche de l'égalisateur comme pour tout autre moteur, mais ils doivent être mis hors circuit dès que celui-ci fonctionne. P. L.

Piles sèches Warson. Brevet français n° 318025, du 24 janvier 1902. — Lorsque des piles sèches prêtes à être mises en fonctionnement restent plusieurs mois en magasin sans être utilisées, elles subissent une certaine perte d'énergie. L'auteur remédie à cet inconvénient en constituant des piles (bioxyde de manganèse, chlorhydrate d'ammoniaque, zinc) bien hermétiques et étanches, dénuées du liquide excitateur. Ces piles sont munies d'un réservoir destiné à recevoir le liquide ammoniacal au moment de la mise en service et dans des conditions telles que l'absorption de ce liquide par les matières poreuses de la pile s'effectue automatiquement en quelques heures, sans qu'il soit nécessaire de toucher à la pile. A cet effet, le réservoir communique avec l'extérieur par deux ouvertures munies de bouchons à vis, l'une pour l'introduction du liquide, l'autre pour l'échappement de l'air pendant le remplissage; il communique d'autre part avec l'intérieur de chacun des éléments de la pile par des trous pratiqués au bas de la paroi intermédiaire. C'est au moment de se servir de la pile qu'on enlève les bouchons à vis pour verser la solution ammoniacale; puis on referme. Après 2 à 3 heures, le liquide qui a pénétré dans la pile par les ouvertures est entièrement absorbé par les matières poreuses, et le réservoir, devenu vide, sert à emmagasiner ultérieurement les gaz produits pendant le fonctionnement de la pile, ce qui permet de clore hermétiquement celle-ci. Comme autre disposition spéciale, le papier poreux qui se trouve en contact avec la lame de zinc est enduit de plombagine, afin de diminuer la résistance intérieure.

Accumulateur léger Galy et Rain. Brevet français

n° 317 962, du 21 janvier 1902. — On emploie ici comme ossature des électrodes une plaque en aluminium recouvert de plomb. Pour assurer l'adhérence du plomb sur l'aluminium, on enduit celui-ci d'une soudure spéciale à base d'étain, laquelle est ensuite recouverte d'une couche d'étain fin, ayant pour but d'empêcher le contact direct du plomb et de l'aluminium, ce qui serait absolument nuisible. Pour recouvrir ensuite de plomb, on procède soit par simple application d'une feuille mince de plomb et par laminage, soit par immersion dans un bain de plomb fondu.

Accumulateurs portatifs Lammerto. Brevet français n° 318 132, du 27 janvier 1902. — Les électrodes extrêmes sont reliées aux bornes extérieures au moyen de fils connecteurs ayant la forme de ressorts à boudin, en vue d'en assurer ainsi le contact le plus intime avec la masse isolatrice qui bouche l'élément et d'empêcher l'attaque des bornes. L'élément est en outre muni d'un collecteur de gaz : ce sont des poches élastiques à mince paroi, glissées, dans l'espace au-dessus de la masse isolatrice, sur des tubes servant à l'échappement des gaz dégagés des compartiments de l'accumulateur.

Système d'électrode dépolarisante à matière active amovible de la Société anonyme « Le Carbone ». Brevet français n° 318 080, du 25 janvier 1902. — L'électrode est ici composée d'une partie en charbon de forme quelconque surmontée de la prise de courant ; c'est l'électrode proprement dite. Un réceptacle contenant le dépolarisant constitue l'autre partie ; c'est une pièce en charbon poreux, évidée pour recevoir le dépolarisant qui est maintenu à l'intérieur par un bouchage à l'arcanson, par exemple. Des bracelets en caoutchouc relient ce réceptacle à l'électrode proprement dite. Pour renouveler la matière active, il suffit de remplacer le réceptacle sans détruire ni altérer en quoi que ce soit cette électrode proprement dite. Il n'y a comme dépense que la nouvelle matière dépolarisante.

Moule Riasse pour la fabrication des plaques d'accumulateurs. Brevet français n° 314 891, du 10 octobre 1901. — Ce moule qui sert à la confection des plaques à grille est composé de deux plateaux convenablement rainurés transversalement et longitudinalement, et à biseau. Entre ces plateaux, on place un peigne dont les dents ont entre elles des espaces ou rainures qui correspondent aux rainures longitudinales des plateaux, lesdits plateaux étant assemblés par des serre-joints convenables, une fois le peigne en place. On porte le moule à une température de 350 à 400° C, puis on y coule le plomb à la poche. Après refroidissement, on procède à l'arrachement des peignes au moyen d'un dispositif quelconque (vis et volant par exemple). L. J.

Projet d'utilisation de la force motrice du Rhin et de sa transmission à Mulhouse. *Revue Industrielle*, t. XXXIII, p. 416, 18 octobre 1902. — Le projet, présenté par M. R. Kœchlin, ingénieur à Paris, en collaboration avec MM. Potteral, Havestadt et Contag, prévoit l'établissement d'un barrage transversal entre Niffer et Ottmarshein ; un canal de 8 700 m permettrait d'avoir une chute d'environ 8,4 m, à débit constant quel que fût le débit du Rhin. La puissance électrique de l'installation serait de 21 850 chevaux dont 11 350 seraient transmis à Mulhouse et 10 500 utilisés à l'éclairage et à la force motrice dans d'autres localités. Les frais de premier établissement seraient d'environ 15 000 000 de marks dont la rénumération serait assurée par la vente des deux tiers seulement de l'énergie disponible à raison de 75 marks par cheval et par an.

Transmission et Distribution.

Sur la forme des courbes de différence de potentiel dans les réseaux triphasés, par Alexandre Russell. *Electrician*, t. XLVIII, p. 487-489, 17 janvier 1902. — L'auteur suppose d'abord que la différence de potentiel

sur les trois phases est la même, soit $Vf(t)$, V étant le voltage efficace. Il établit alors la forme générale de la fonction $f(t)$ et donne des exemples. Il montre ensuite que si les tensions ne sont pas égales sur les trois phases leurs courbes de variation ne sont pas les mêmes. Enfin il détermine la fréquence du courant dans le quatrième fil d'un système équilibré. P. L.

Pose d'un câble sous-marin pour courants industriels pendant l'hiver au Canada. *Electrical World*, t. XXXIX, p. 507-509, 22 mars 1902. — La Canadian Electric Light Company, de Levis, transmet 750 kilowatts à la Railway, Light et Power Company, de Québec, au moyen d'un câble posé au fond du Saint-Laurent. La transmission se fait par courants alternatifs à 2 200 volts. L'article décrit la structure du câble et les opérations de la pose, qui eut lieu le 6 décembre 1901 et que rendait difficile la glace flottant sur la rivière. P. L.

Matière isolante Ancira. Brevet américain 688 813, du 26 juillet 1901. — Mélange d'une partie, en poids, de coton et de deux parties de ciment, additionné d'une quantité suffisante de lait pour former une pâte consistante ; le mélange peut aussi être formé d'unefibre organique, de colle forte et de lait, P. L. C.

Enduit isolant Sénéchal de la Grange succédané du caoutchouc et de la gutta percha pour fils conducteurs d'électricité. Brevet français 314 076, communiqué par l'*Office H. Bœttcher*, 2, boulevard Bonne-Nouvelle. — L'enduit de caoutchouc ou de gutta, en dehors de son prix élevé présente deux inconvénients : exposé à l'air il durcit et devient cassant ; d'autre part, il fond à 80°. On obtient un enduit économique et ne présentant pas ces inconvénients en opérant de la façon suivante : on dissout 25 gr de cellulose nitrique dans 100 cm³ d'un mélange de 60 p. 100 d'éther sulfurique à 65° et de 40 p. 100 d'alcool à 95°. D'autre part, on mélange 800 gr d'ocre ou d'amiante avec 200 gr d'huile de ricin. La solution et le mélange sont réunis et malaxés pendant six heures dans un vase clos. On obtient ainsi un mastic épais, malléable dont on recouvre les fils au moyen d'une presse. Le fil enduit passe ensuite à une vitesse de 20 m à la minute dans un séchoir chauffé à 80° dans le but de produire l'évaporation des dissolvants et de durcir l'enduit. Ce dernier reste élastique et ne se fendille pas lorsque le fil est plié. Enfin l'enduit ainsi préparé est un isolant insensible aux actions de l'air et de l'eau ; il offre l'avantage de ne fondre qu'à une température de 800°.

Compensation des variations de charge dans un réseau de distribution à courant continu. Système de l'Union Elektrizitæts-Gesellschaft. *Elektrotechnische Rundschau*, t. XIX, p. 253, 1er septembre 1902. — L'Union Elektrizitäts Gesellschaft propose entre autres pour la régulation d'un réseau continu, l'emploi d'une machine dont l'induit est en dérivation sur le réseau, l'inducteur étant alimenté par une source indépendante avec rhéostat commandé par un régulateur à force centrifuge. Si la consommation du réseau diminue la machine auxiliaire augmente de vitesse et le régulateur fait croître la résistance de façon à diminuer l'excitation et inversement. Dans une deuxième disposition, une petite dynamo est insérée dans le circuit d'excitation de la machine-tampon ; l'induit de cette dynamo est relié directement à l'axe de la machine-tampon, de sorte que si la vitesse de celle-ci augmente, le nombre de tours de la petite dynamo croît avec elle. Le rhéostat est aussi manœuvré par régulateur à force centrifuge. G.

Usage des batteries d'accumulateurs dans les systèmes de distribution d'énergie électrique, par A.-A. Dion. *Electrical Review* (Londres), t. LI, p. 241-242, 8 août 1902. — L'auteur rappelle deux services importants que peut rendre une batterie d'accumulateurs dans une station centrale : elle constitue un réservoir d'énergie, ce qui permet de réduire la puissance du matériel générateur et de le faire fonctionner dans les meilleures conditions économiques ; de plus elle assure une exacte régulation du voltage à l'usine, en maintenant constante

la charge des génératrices et des moteurs mécaniques. On peut d'ailleurs aussi assurer la constance du voltage au point de distribution en y installant une batterie. L'auteur mentionne les divers genres de distribution pour lesquels l'emploi d'une batterie est avantageux. Il en ajoute un pour lequel il ne croit pas que l'essai d'une batterie ait jamais été fait : c'est le système par lequel l'énergie est engendrée et distribuée entièrement sous forme de courants alternatifs. Selon l'auteur, il pourrait être bon d'installer à l'usine génératrice une commutatrice qui, aux heures de faible demande, chargerait la batterie. Pendant la période de forte charge, la batterie restituerait l'énergie emmagasinée à la commutatrice, qui fonctionnerait alors en parallèle avec les alternateurs. L'inconvénient est qu'il faudrait donner de fortes dimensions à la commutatrice, puisqu'elle devrait absorber toute la charge de la batterie. P. L.

Appareils de sécurité pour hautes tensions. *Electrical World*, t. XL, p. 247-251, 16 août 1902. — L'auteur décrit les appareils de sécurité, fusibles, interrupteurs automatiques, etc., employés sur les réseaux à haute tension. Il rappelle que les expériences de Steinmetz et de Rice ont démontré la supériorité de l'interrupteur à rupture dans l'huile sur l'interrupteur à rupture dans l'air et remarque que la tendance actuelle est d'adopter un appareillage entièrement automatique. L'article est illustré de plusieurs dessins et schémas. P. L.

Construction des lignes de transmission à haute tension dans le Far-West américain. *Electrical World*, t. XL, p. 453-454, 20 septembre 1902. — Extrait d'une communication de Geo. H. Lukes à la réunion des « Edison Illuminating Companies ». L'auteur donne quelques détails sur les poteaux et isolateurs. Les fils en aluminium ont été employés avec succès. Souvent la ligne est doublée ; dans ce cas, ou bien l'une des canalisations est réservée pour parer aux accidents qui surviendraient à l'autre, ou bien les deux canalisations sont alimentées en parallèle. Quand la Compagnie productrice d'électricité fournit de l'énergie à des Compagnies de traction, la tension devient très difficile à régler, à moins qu'une batterie d'accumulateurs n'amortisse les variations de charge. P. L.

Applications mécaniques.

L'entretien du moteur à courant continu et de ses accessoires, par Alfred H. Mayes. *Electrical Review* (Londres), t. LI, p. 413-414, 12 septembre 1902. — Selon l'auteur, les avaries les plus fréquentes et les plus sérieuses auxquelles ces moteurs sont sujets ont pour cause : 1° l'échauffement des conducteurs induits et en conséquence la destruction de l'isolant ; 2° la rupture des enroulements inducteurs. Il indique les précautions à prendre pour éviter ces accidents. P. L.

Courbes de stabilité et de capacité de surcharge des moteurs synchrones, par F.-G. Baum. *Electrical World*, t. XXXIX, p. 548-550, 29 mars 1902. — L'auteur rappelle que la tendance des moteurs synchrones à osciller et à tomber hors de phase lors des variations de charge dépend : 1° de l'impédance du circuit formé par le moteur et la ligne de transmission ; 2° du rapport entre la réactance et la résistance qui constituent cette impédance ; 3° de l'excitation du moteur par rapport à la tension appliquée. Les courbes qu'il trace sont destinées à montrer clairement l'influence de ces divers facteurs ; elles sont obtenues en portant en abscisses l'angle de décalage entre la tension appliquée et la force électromotrice du moteur et en ordonnées la puissance recueillie. P. L.

A propos des moteurs asynchrones. *American Electrician*, t. XIV, p. 383-385, août 1902. — Quelques questions ayant trait à ces moteurs ont été discutées à la Convention de Cincinnati. L'une d'elles était celle-ci : Les moteurs asynchrones servant à mouvoir les ascenseurs ou à d'autres usages intermittents peuvent-ils être alimentés par un réseau d'éclairage sans amener des variations nuisibles de la tension ? Plusieurs orateurs ont répondu négativement ; toutefois, M. H.-B. Geer, de la Chicago Edison Company, a exprimé l'avis que la chose est possible sous certaines conditions et a décrit le système qui fonctionne à Chicago. P. L.

La sécurité dans les ascenseurs, par O.-F. Shepard. *Electrical World*, t. XL, p. 253, 16 août 1902. — On croit souvent que l'insuffisance du couple retardateur que donne un moteur à excitation composée différentielle, quand il fonctionne en générateur sous l'influence de la charge, est une cause fréquente d'accidents dans les ascenseurs. Mais il résulte de nombreux essais qu'un couple retardateur égal au tiers du couple normal suffit pour prévoir tout danger et les moteurs d'ascenseurs sont généralement établis de façon à remplir cette condition. La véritable cause d'accidents est une rupture du circuit d'alimentation, par exemple dans le cas d'un mauvais contact au combinateur. P. L.

La commande électrique des machines-outils, par Frank Broadbent. *Electrical Review* (Londres), t. LI, p. 411-413, 12 septembre 1902. — L'auteur montre par quelques exemples les économies qu'on peut réaliser en substituant la commande électrique des machines-outils à la transmission par câbles ou courroies. Il considère spécialement le cas des presses à imprimer, pour les-

quelles les moteurs électriques présentent des avantages marqués, en raison de la grande division du travail, des arrêts fréquents des machines et de la variabilité nécessaire de la vitesse. P. L.

Fraiseuse horizontale à commande électrique de la Société alsacienne de Constructions mécaniques. *Revue Industrielle*, t. XXXIII, p. 281, 19 juillet 1902. — Cette machine, dont la forme ressemble à celle d'une raboteuse, est destinée au travail des grosses pièces de machines, tels que bâtis, plaques, bielles de locomotives, etc. Elle se compose, outre les organes de mouvement, d'un banc sur lequel coulisse, dans des guides prismatiques, la table recevant les pièces à travailler. Cette description est accompagnée d'une vue d'ensemble de la machine et d'une figure montrant le dispositif à excentrique qui sert à régler la position de la fraise à moins d'un dixième de millimètre près.

Appareil magnétique pour le guidage des mèches à percer. *La Nature*, 25 octobre 1902. — L'appareil décrit récemment dans *American Machinist*, se compose d'un électro-aimant à cloche, percé suivant son axe d'un canal laissant passer la mèche à guider; une douille en métal non magnétique glisse à l'intérieur du canal et empêche l'adhérence magnétique de l'outil et du noyau. Quand on a marqué d'un coup de pointe le centre du trou à percer, on introduit dans la douille un tampon conique dont l'extrémité présente une pointe que l'on place très exactement (en soulevant légèrement l'électro-aimant) sur la dépression marquant le centre du trou. On lance alors le courant, ce qui fixe l'électro-aimant sur la plaque de fer ou d'acier à percer et l'on introduit la mèche; celle-ci percera le trou avec un centrage tout à fait exact.

Régulateur automatique de vitesse Clift, pour tramway à conducteur aérien. *Brevet américain*, 688-828, 19 avril 1901. — L'enroulement d'un électro-aimant est en série avec le moteur et son armature mobile est articulée avec un frein à sabot, qu'un ressort-spirale applique sur les jantes des roues. Le courant du solénoïde exerce un effort antagoniste à celui du ressort et variable suivant la déclivité de la ligne. Les variations de cet effort sont obtenues par l'introduction de résistances en dérivation sur l'enroulement du solénoïde, au moyen du déplacement, sur les touches d'un rhéostat, d'un levier maintenu vertical par un contrepoids. P. L. C.

Nouvelle horloge électrique. *Elektrotechnische Rundschau*, t. XIX, p. 219, 15 juillet 1902. — Dans les systèmes habituellement employés, un aimant en fer à cheval est disposé avec un électro-aimant et entre ses extrémités se meut une armature de fer doux qui, sous l'action des impulsions de courant, prend un mouvement oscillatoire ou tournant. La nouvelle disposition est plus simple, la pièce de fer doux est vissée directement sur un barreau aimanté et oscille entre les pièces polaires d'un électro-aimant. G.

Pompes d'irrigation mues par l'électricité. *Electrical World*, t. XL, p. 208-211, 9 août 1902. — L'auteur, M. A.-J. Bowie, expose les règles relatives à l'établissement et au fonctionnement des pompes d'irrigation; il considère spécialement les pompes centrifuges mues par l'électricité. Il fait remarquer que là où les pompes doivent fonctionner presque toute l'année, les usines génératrices qui leur fourniraient l'énergie, amélioreraient notablement leur facteur de charge. P. L.

Installation électrique aux mines de Comstock. *Electrical World*, t. XL, p. 285-288, 23 août 1902. — Une ligne de transmission de 56 km relie les mines de Comstock à une usine hydraulique construite sur la rivière Truckee. La puissance recueillie est de 5 600 chevaux; elle est transmise par courants triphasés à 24 000 volts. L'article décrit l'équipement électrique de la *Consolidated California and Virginia Company* (mine d'or); cette installation est une des plus complètes et des meilleures de son genre. P. L.

Application de l'électricité à l'exhaure des produits des mines, par O. Lasche. *Elektrotechnische Rundschau*, t. XIX, p. 250 et 262, 1er et 15 septembre 1902. — L'emploi de l'électricité pour l'extraction des produits miniers, remonte à 1894 et les premières machines en Allemagne ont été construite, par l'*Allgemeine Elektricitäts Gesellschaft* pour les mines de Herdorf, où il s'agissait d'élever 40 tonnes à l'heure d'une profondeur de 120 à 240 m. L'auteur décrit l'installation à 2 000 volts de Dortmund, où l'on extrait 100 tonnes à l'heure d'une profondeur de 700 m, et celle de Planitz où le courant employé est de 500 volts, courant continu. G.

Traction.

Résistance de l'air au mouvement des véhicules. *La Nature*, 25 octobre 1902. — D'après *La Locomotion automobile*, des essais faits sur des automobiles de course ont donné les résultats suivants : la résistance par mètre carré est de 10 à 15 kg à la vitesse de 50 km : h; 45 à 55 kg à la vitesse de 100 km : h; 76 kg à 120 km : h; 100 kg à 140 km : h; elle atteint 140 kg à la vitesse de 155 km : h.

BIBLIOGRAPHIE

Il est donné une analyse bibliographique des ouvrages dont **deux** *exemplaires sont envoyés à la Rédaction.*

Opere Complete di Galileo Ferraris (Œuvres complètes de G. Ferraris (avec portrait). Publiées par les soins de l'Associazione Elettrotecnica Italiana. Trois volumes in-8. *Ulrico Hoevli*, Milan, éditeur. Prix des 3 volumes : 36 fr. — Le premier volume a paru ; le second et le troisième paraîtront en 1903.

Ce n'est pas sans un sentiment de profonde admiration que tout savant et spécialement tout électricien prononce le nom de Galileo Ferraris dont la mort prématurée fut une perte cruelle pour la science et pour l'Italie, car il était dans toute la force de l'âge et ses compatriotes se promettaient encore beaucoup de sa vaste intelligence : né à Livorno Vercellese, petite bourgade piémontaise, en 1847, il mourut à Turin en 1897.

Il occupa pendant près de vingt ans la chaire de Physique technologique à l'école d'application des Ingénieurs à Turin, fut professeur ordinaire de Physique à l'Ecole supérieure de Guerre et fonda en 1886 la première Ecole supérieure d'Electrotechnique en Italie, école qui sous sa direction devint célèbre et qui aujourd'hui porte le nom de son grand fondateur.

Les ouvrages scientifiques originaux de Galileo Ferraris concernent spécialement l'optique géométrique, la technologie de la chaleur et l'électrologie ; sa découverte fondamentale, cependant, qui est sûrement son plus haut titre de gloire, fut la découverte du champ magnétique tournant faite par lui en 1885 et qui rendit possible la construction des moteurs asynchrones à courants polyphasés.

Les applications de cette admirable invention ont été grandioses et il suffira de rappeler les expériences faites à Francfort d'une transmission d'énergie par les courants triphasés à une distance de 175 km.

L'Association électrotechnique italienne eut à la mort de Ferraris la pensée de rassembler tous ses ouvrages en une édition spéciale qui, tout en satisfaisant à un désir exprimé par le monde scientifique, fut en même temps un souvenir, un « monumentum perenne » élevé à la mémoire de ce grand homme ; et c'est ainsi que naquit cette publication.

Ausgaben aus der Elektrotechnik nebst deren Lœsungen (Problèmes d'électrotechnique avec solutions), par **E. Mullendorf**, ingénieur-électricien. Un vol. in-8° de 113 pages et 14 figures dans le texte, édité par *Georg Siemens*, à Berlin. Prix cartonné, 2,50 marks.

L'ouvrage contient 106 problèmes choisis dans les différentes branches de l'électricité pratique. Il est divisé en dix chapitres dont nous énumérons brièvement les titres : 1, Systèmes d'unités. 2, Potentiel. 3, Loi d'ohm. 4, Circuits dérivés. 5, Distribution du courant. 6, Divers, 7, Courants alternatifs. 8, Vecteurs. 9, Méthode des moindres carrés. 10. Equations transcendantes. L'auteur n'est pas un inconnu pour les lecteurs de *L'Eclairage Electrique* qui a reproduit un grand nombre de ses articles. Son livre actuel s'adresse surtout aux électriciens qui ont des notions d'analyse suffisamment développées ; certains problèmes sont très ardus, mais malgré leur difficulté, les solutions se distinguent par une rare élégance et une concision qui n'enlève rien à la clarté. M. Müllendorf s'est attaché, en effet, à ne conserver que les calculs strictement nécessaires pour suivre la marche du problème laissant à l'élève le soin de compléter les lacunes.

En résumé, œuvre personnelle et de grande valeur où l'on trouvera d'excellentes notions théoriques et pratiques. Nous signalons notamment le chapitre VIII, où l'auteur donne la signification du symbole (r, φ) qui représente un vecteur de longueur r faisant avec une direction déterminée un angle φ et indique la manière d'en tirer parti dans un grand nombre de questions. L'impression et la reliure ne laissent rien à désirer. B. K.

Tables générales des tomes I à XXV de L'Eclairage Electrique (1894-1901). Un vol. gr. in-8°, 240 pages. *Ch. Naud*, éditeur. Prix : 10 fr.

Ces tables comprennent : une table générale des matières classées méthodiquement ; une introduction et un tableau indiquant les principes et les divisions de la classification adoptée ; une table alphabétique des noms d'auteurs ; enfin un index alphabétique des matières.

Tome XXXIII Samedi 22 Novembre 1902. 9e Année — N° 47

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

SOMMAIRE

Adresser tout ce qui concerne la Rédaction à M. J. BLONDIN, 171, Faubourg Poissonnière (9e arrondissement).
M. BLONDIN reçoit, 3, rue Racine, le jeudi, de 2 à 4 heures.

NOUVELLES ET ÉCHOS

Le Métropolitain de Paris. — Les rapports lus à la dernière assemblée générale des actionnaires font connaître, à la date du mois de mai, l'état des travaux et des projets relatifs aux nouvelles lignes. Nous détachons de ces rapports les extraits suivants :

La ligne n° 1 étant complètement achevée et en exploitation complète, même intensive, il s'agit donc de parler de la ligne n° 2, circulaire Nord. Pendant l'année 1901, le service technique municipal a poussé avec activité les travaux d'infra-structure de cette ligne, dans la partie située sur les boulevards extérieurs. Ces travaux, légèrement en retard sur les prévisions, seront néanmoins achevés dans le courant de cette année; d'ailleurs, le premier lot, de l'Etoile à l'avenue de Villiers, a été remis à la Compagnie le 26 mars; les autres lots doivent être remis en août et septembre (1); mais il y aura sans doute un délai supplémentaire, notamment pour la traversée des chemins de fer de l'Ouest, du Nord et de l'Est, ainsi que pour la partie située boulevard de Charonne, qui a présenté de très grandes difficultés en raison du peu de consistance du terrain.

A la suite de négociations engagées avec la Ville de Paris, en vue d'obtenir la création de voies de stationnement nécessaires pour accroître la capacité des lignes de transport des lignes n° 1 et n° 2 par l'augmentation du nombre des voitures des trains à certaines heures de la journée, il a été décidé que sous le Cours de Vincennes serait construite une galerie contenant plusieurs voies de garage.

Sur la demande de M. le Préfet de la Seine, la Compagnie a accepté de prendre à sa charge une partie des dépenses d'infrastructure de cette galerie jusqu'à concurrence d'une somme de 760 000 francs. Les travaux ont été commencés en août 1901 et seront très probablement terminés avant fin 1902.

Pour la partie de la ligne n° 2, concernant la circulaire Sud, les travaux ont été adjugés le 22 mars 1902, à l'exception toutefois des ponts à construire sur la Seine, à Austerlitz et à Passy.

En ce qui concerne la ligne n° 3, Courcelles-Ménilmontant, les travaux ont été adjugés en mai 1902.

Les projets des lignes n° 4, de la porte Clignancourt à la porte d'Orléans; n° 5, du boulevard de Strasbourg au pont d'Austerlitz ; n° 6, de Vincennes à la porte d'Italie, ont été approuvés en principe et vont entrer dans la période des formalités administratives qui doivent aboutir à la mise en adjudication.

La loi portant déclaration d'utilité publique et autorisation d'exécuter les travaux de la ligne n° 7, du Palais-Royal à la place du Danube, a été promulguée le 22 avril 1902.

D'autre part, la préfecture de la Seine a transmis au ministère des Travaux publics le dossier de la ligne n° 8, d'Auteuil à l'Opéra, en vue de poursuivre devant le Parlement la déclaration d'utilité publique et l'autorisation pour la Ville de Paris, d'en exécuter les travaux.

Enfin, le Conseil municipal de Paris, par ses délibérations du 31 décembre 1901 et 26 mars 1902, a voté l'emprunt devant mettre à la disposition de la Ville les sommes nécessaires pour l'exécution et l'achèvement de la totalité du réseau concédé à la Compagnie.

Il faut noter cependant que le projet d'emprunt a été retourné à la préfecture de la Seine par le Conseil d'Etat, pour quelques modifications de détail et notamment pour légère insuffisance quant au montant total. Ce projet, retouché, reviendra devant le Parlement, probablement à la session d'automne et recevra des deux Chambres la consécration nécessaire à son exécution.

Nous ne parlons que pour mémoire des prolongements éventuels de la ligne n° 3, à la porte d'Asnières.

Dans la partie des travaux à la charge de la Compagnie, ceux qui ont été exécutés en 1901 sur les voies sont de peu d'importance ; mais à l'usine de Bercy, les travaux ont été poursuivis pendant toute l'année, et à l'heure actuelle ne sont pas encore achevés.

Les marchés passés antérieurement à 1901 comportaient un matériel mécanique et électrique d'une puissance totale de 6 000 kilowatts. Les bâtiments correspondant à cette installation étaient terminés à la fin de 1901 ; trois groupes électrogènes ayant une puissance totale de 4 500 kilowatts avec leurs accessoires et la totalité des chaudières, ont été livrés en 1901. De plus, on a fait la commande au Creusot de deux nouvelles batteries de chaudières destinées à parfaire l'alimentation de la puissance de 6 000 kilowatts.

La galerie devant abriter ces générateurs a été commencée en mai 1901, ainsi que les fondations des chaudières; ces travaux sont terminés et la première batterie est montée.

En outre, la sous-station de l'Etoile avait été

(1) La partie comprise entre la place de l'Étoile et la place d'Anvers a été, en effet, livrée à l'exploitation en octobre.

munie en 1900 du matériel de transformation nécessaire pour alimenter une partie de la ligne n° 1 et les embranchements exploités à cette époque ; comme elle devra alimenter également une partie de la ligne n° 2, qui va s'ouvrir prochainement, il y avait lieu d'augmenter sa capacité. Un quatrième groupe de transformation, ayant la même puissance de 750 kilowatts que les groupes existants, a été commandé à la Compagnie Française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston. Il a été livré, et actuellement il est soumis aux essais de réception.

Une nouvelle sous-station est en cours de construction place Saint-Germain-l'Auxerrois. Elle comprendra deux groupes de transformation de 750 kilowatts chacun.

L'énergie en courant continu était distribuée aux moteurs, dans les premiers temps de l'exploitation, uniquement par le rail, dit de prise de courant, établi le long des voies ; l'augmentation du nombre des voitures des trains, nécessitée par le développement toujours croissant du trafic, a eu pour conséquence de produire dans ce rail une densité de courant exagérée dans certaines sections de la ligne de Vincennes-Porte-Maillot, et, par conséquent, de donner lieu à des pertes d'énergie. Pour diminuer ces pertes dans la section comprise entre la gare de Lyon et Vincennes, l'installation de feeders a été reconnue nécessaire. Ces feeders ont été mis en place en 1901.

Les ateliers de Charonne se sont complétés tant comme construction que comme aménagements intérieurs. On a installé notamment des locaux pour embatage, peinture, menuiserie, bobinage, et une remise pour voitures motrices.

Le matériel roulant s'est augmenté au cours de l'année 1901 de 71 voitures.

Il comprenait, au 31 décembre 1901.

Voitures motrices	67
Voitures remorques de 1re classe	54
Voitures remorques de 2e classe	108
Voitures en service	229

En ce qui concerne les travaux de la ligne n° 2, la superstructure ne différera pas sensiblement de la ligne n° 1. La voie aura l'écartement normal de 1,44 m ; elle sera munie de rails en acier dur pesant 52 kg par mètre courant, en barres de 18 m. Les traverses seront en chêne dans les parties souterraines, et en hêtre créosoté dans la partie aérienne. Le ballast sera en cailloux des alluvions de la Seine.

Le rail prise de courant sera de même profil que le rail de roulement, mais en acier doux.

Les éclissages électriques des voies et des isolateurs qui supportent le rail électrique, ont fait l'objet d'études nouvelles, en vue d'améliorer ces parties faibles de la voie électrique.

Les accès des stations souterraines seront analogues, dans leur ensemble, aux accès de la ligne n° 1 ; quant à ceux des stations aériennes, ils dépendront directement des charpentes métalliques qui constituent l'infrastructure de la ligne en question.

De plus, des sous-stations seront créées, l'une au boulevard Barbès, et l'autre au Père-Lachaise ; le matériel en est commandé à la Compagnie Française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston.

Des câbles sont nécessaires pour envoyer l'énergie produite sous forme de courants triphasés aux sous-stations précitées, qui fourniront l'énergie en courant continu aux diverses stations de la ligne n° 2, et la Compagnie attend l'autorisation nécessaire pour en faire la pose sous la voie publique.

Pour cette même ligne n° 2, les commandes de matériel roulant, en cours d'exécution, comprennent :

Voitures remorques de 1re classe (ateliers de construction de Saint-Denis)	40
Voitures remorques de 2e classe (ateliers de construction de Saint-Denis)	60
Voitures remorques de 1re classe (ateliers de Pantin. Dessouches, David et Cie)	15
Voitures remorques de 2e classe (ateliers de construction du Nord de la France)	20
Voitures motrices (ateliers de construction du Nord de la France)	36
Équipements électriques des motrices (Compagnie française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston)	36

L'usine de Bercy doit voir sa puissance doublée, et, en conséquence, son agrandissement a été décidé. Il suffisait pour cela de prolonger la galerie des machines sur une partie disponible du terrain acheté primitivement et d'y installer de nouveaux groupes électrogènes, puis d'acquérir une bande de terrain voisin pour y construire une nouvelle galerie de générateurs. C'est ce qui a été fait. L'acquisition du terrain, réalisée à des conditions analogues à celles du premier achat, a porté de 7 228 m² à 11 800 m² la superficie appartenant à la Compagnie.

La fourniture d'un matériel mécanique et électrique d'une puissance de 6 000 kilowatts a été commandée à la Société Alsacienne de Constructions Mécaniques et à la Compagnie Française pour l'exploitation des procédés Thomson-Houston, associées conjointement et solidairement pour cet objet.

Cette augmentation de puissance sera mise progressivement à la disposition de la Compagnie à

partir du 1[er] janvier 1904 et sera entièrement réalisée dans le courant du premier semestre 1904.

D'un autre côté, il a paru prudent de se prémunir contre tout risque possible d'interruption de service pouvant résulter d'accidents au matériel générateur d'électricité pendant la période où ce matériel sera en cours de livraison et de développement ; il y avait lieu de prévoir également les besoins d'accroissement subit d'énergie pouvant résulter d'une intensité imprévue du trafic sur une ligne nouvellement ouverte à l'exploitation. Pour parer à ces éventualités, le Conseil de la Compagnie du chemin de fer Métropolitain a passé des contrats avec des usines de production électrique, qui mettent à sa disposition une réserve importante d'énergie jusqu'à la fin de l'année 1905.

Voici maintenant quelques détails sur le service de l'exploitation.

On sait que la longueur exploitée pendant toute l'année 1901 de station terminus à station terminus a été de 13,500 km. Les horaires ont été peu ou point modifiés. Ils comportent sur la ligne n° 1, de Vincennes à la Porte Maillot, des départs de 3 minutes en 3 minutes pendant la journée, avec trains supplémentaires permettant de faire des départs toutes les 2 1/2 minutes à certaines heures, et de 6 minutes en 6 minutes dans la soirée; sur les embranchements Porte Dauphine et Trocadéro, des départs de 6 minutes en 6 minutes dans la journée et de 12 minutes en 12 minutes le soir.

Si l'espacement des trains n'a été que peu resserré, il a fallu développer la capacité de transport en augmentant le nombre des voitures d'un certain nombre de trains. Le service avait commencé avec des trains composés uniformément de 4 voitures. A partir du mois de mai, il a été mis en circulation des trains de 5 voitures, et à partir du 1[er] novembre des trains de 7 voitures. Enfin, cette année, depuis le mois d'avril, circule un certain nombre de trains de 8 voitures.

Les résultats de l'exploitation donnent comme recettes générales 8 550 234,32 fr, et comme dépenses 4 031 596,49 fr. Le coefficient d'exploitation a donc été de 47,16 p. 100. Pour l'avenir, ce coefficient est susceptible de variations, en raison de certaines élévations de dépenses; mais on ne peut encore tabler que sur des hypothèses, et, pour être absolument renseigné, il faudra attendre les résultats que donneront les circulaires du Nord et surtout la circulaire Sud.

Les produits de l'exploitation se sont donc élevés à 4 518 637,83 fr. Sur ces produits, il a été prélevé en premier lieu la part de la Ville de Paris sur les recettes brutes, en vertu de l'article 19 de l'acte de concession, et dont le montant est de 2 778 133,50 fr. Le solde formant le produit net atteint donc 1 740 504,33 fr.

LITTÉRATURE DES PÉRIODIQUES ET BREVETS

L'Office de renseignements techniques fondé par l'Association amicale des Ingénieurs Electriciens, (11, rue Saint-Lazare-IX[e]), se charge de procurer aux abonnés de *L'Éclairage Électrique*, avec réduction sur les tarifs ordinaires, les publications périodiques et le texte ou la traduction des articles relatifs à l'électricité et aux industries qui s'y rattachent.

Théorie.

Conductibilité électrique et chaleur atomique des métaux, par F. Streintz. *Drude's Annalen*, t. VIII, p. 847-854. — A mesure qu'on opère sur des métaux purifiés avec plus de soin, on trouve des valeurs plus élevées pour le coefficient de température de la résistance électrique. La loi de Clausius d'après laquelle la résistance serait proportionnelle à la température absolue ne se vérifie plus. Le mercure et le thallium mis à part, les métaux ont un coefficient de température d'autant plus grand qu'ils sont plus fusibles. La température a la plus grande influence sur la résistance des métaux qui ont à la fois un petit poids atomique et un petit volume atomique.

Convection actino-électrique, par N. Piltschikow, Mémoire présenté au 11[e] Congrès des Naturalistes Russes, Saint-Pétersbourg, 1901-02 ; voir le *Journal de la Société Physique et Chimique Russe*, t. XXXIV, 4 *b* II, p. 15, 1902. — L'auteur démontre de la manière suivante la production d'une convection électrique au sein d'un gaz entourant un corps subissant la déperdition de sa charge électrique, sous l'influence de rayons actino-actifs : A un demi-mètre ou plus de distance d'un disque métallique A relié à un électromètre d'Exner, l'on dispose un second disque métallique B, réuni à l'armature intérieure d'une bouteille de Leyde, chargée d'électricité positive. La position relative de ces deux disques est telle que le plan de A coupe le disque B à angle droit. Au moyen d'une lentille en quartz, on projette sur le milieu du disque A l'image d'un arc voltaïque. Le disque A perd son électricité négative induite, ce qui est accusé par l'électroscope, et en même temps il s'établit une convection électrique d'A vers B. Si, entre A et B, l'on vient à introduire une plaque en verre ou en ébonite C, les charges déplacées par convection vont se déposer sur elle, ce qu'on démontre en approchant C de l'électroscope : le côté de la plaque tourné vers le disque A se montre électrisé négativement. Si, entre A et C, on place un corps quelconque, celui-ci dessine sur C son ombre électrique, dont on démontre l'existence par les procédés usuels.

A. Gradenwitz.

Champ ionisateur du radium, par N. Piltschikow. Mémoire présenté au 11[e] Congrès des Naturalistes Russes, Saint-Pétersbourg, 1901-1902 ; voir le *Journal de la Société physique et chimique russe*, t. XXXIV, 4 *b* II, p. 15, 1902. — En étudiant l'ionisation de l'air sous l'influence des corps radioactifs, l'auteur trouve que les préparations au radium donnent naissance à un champ d'action déchargeante de l'électricité absolument analogue au champ radioactif produit par une source lumineuse ordinaire qu'on aurait placée dans un milieu rempli d'un brouillard très dense, assez dense pour qu'à des distances dépassant de deux à trois fois seulement des dimensions longitudinales de la source lumineuse, les contours de celle-ci ne puissent plus être distingués. Définissant champ (d'ionisation) ce champ brumeux tout particulier, l'auteur démontre quelques propriétés des surfaces ionisées et de leurs déformations mécaniques et magnétiques. Les déformations mécaniques d'un champ (d'ionisation) du radium peuvent servir à la construction d'un anémomètre d'un type nouveau ; sa déformation magnétique donne le moyen d'introduire dans les laboratoires et dans la pratique électrotechnique une nouvelle méthode de mesure de l'intensité d'un champ magnétique.

A. Gradenwitz.

Effets de la lumière du jour sur la propagation des impulsions électromagnétiques à grande distance, par

G. Marconi. *L'Elettricista*, t. XI, p. 215, 1er septembre 1902. — Dans une note communiquée par J.-A. Fleming à la « Royal Society » de Londres, Marconi expose les résultats d'expériences de télégraphie sans fil faites entre Poldhu sur la côte de Cornouailles et le navire *Philadelphie*. Le transmetteur de Poldhu consistait en 15 fils nus de cuivre, à peu près verticaux, suspendus à un fil horizontal soutenu par deux potaux de 48 m de haut écartés de 60 m. Les fils étaient à 1 m de distance en haut et convergeaient ensuite pour être reliés aux appareils. Le potentiel de charge pendant la transmission était tel qu'il déterminait une étincelle entre le sommet des fils et un conducteur à la terre placé à 30 cm. Le récepteur du bâtiment était constitué par 4 fils verticaux dont le sommet était placé à 60 m du niveau de la mer. L'auteur a observé que la distance possible de transmission était presque deux fois plus grande pendant la nuit que durant le jour; il attribue cette différence à la désélectrisation des conducteurs du transmetteur sous l'influence de la lumière du jour. Les oscillations ne pourraient pas atteindre la même amplitude que la nuit par suite de cette influence. Le potentiel très élevé de la station de Poldhu aurait augmenté cette facilité de décharge, car les expériences antérieures au cours desquelles Marconi n'avait pas relevé l'influence du jour avaient été faites à des potentiels beaucoup moins élevés. G.

Génération et Transformation.

Sur les moteurs à gaz de hauts fourneaux, par Bryan Donkin. *Bulletin de la Société d'encouragement*, t. CIII, p. 301, 31 août 1902, d'après une communication de l'auteur à l'Institution of civil Engineers, de Londres 17 décembre 1901. — Les gaz de hauts fourneaux sont constitués, en majeure partie, d'acide carbonique (6 à 9 p. 100 en volume), d'oxyde de carbone (25 à 32 p. 100) et d'azote (60 à 66 p. 100) en proportions très variables avec l'allure du haut fourneau et aussi à chaque instant de sa marche; la teneur en oxyde de carbone, et la puissance calorifique de ses gaz sont d'autant plus forte que le rendement du haut fourneau est plus faible. D'après M. Lurmann, on brûlerait, dans les foyers des chaudières des forges, environ 40 p. 100 de gaz produits par leurs hauts fourneaux, on en emploierait 28 p. 100 au chauffage du vent et on en perdrait 22 p. 100, soit par tonne de fonte produite, l'équivalent d'environ 12,5 chevaux, et, d'après M. Hubert, on pourrait retirer de l'emploi de ces gaz dans des moteurs 32 chevaux par tonne de fonte par jour. Avec des chaudières, il faut brûler environ 11 m³ de gaz par cheval-heure à la machine à vapeur, c'est-à-dire quatre fois plus de gaz au moins que dans le moteur à gaz. Un haut fourneau produisant 100 tonnes de fonte par vingt-quatre heures suffirait pour alimenter 2 000 chevaux de moteurs à gaz, déduction faite de la dépense pour la commande de la soufflerie et le chauffage du vent, c'est-à-dire fournir 2 000 chevaux entièrement utilisables comme force motrice. Avec le gaz d'éclairage il faut, pour en assurer la combustion au cylindre du moteur, l'y mélanger à environ huit fois son volume d'air, avec les gaz de hauts fourneaux, beaucoup plus pauvres, il ne faut plus qu'environ son propre volume d'air, et la puissance du moteur est, toutes choses égales, diminuée d'environ 20 p. 100, le pouvoir calorifique des gaz de hauts fourneaux ne dépassant guère 900 à 1 000 calories par mètre cube. Les variations de la composition des gaz de hauts fourneaux sont considérablement atténuées soit en les recueillant dans des gazomètres, soit en associant les gaz de plusieurs hauts fourneaux dont les variations se compensent; le pouvoir calorifique varie de 850 à 1 000 calories par mètre cube, de sorte qu'il faut marcher à forte compression de 7 à 9 atmosphères et même 11 atmosphères, compression qui, pouvant s'effectuer sans danger d'allumage à contretemps, ne fait qu'améliorer le rendement thermique du moteur. (D'après M. Munzel, la compression C est donnée en atmosphère absolue en fonction du pouvoir calorifique H du gaz par mètre cube par la formule $C = 5 + \frac{8000}{H}$). Les poussières entraînées par les gaz de hauts fourneaux en proportions très variables, mais en moyenne de 11 à 13 grammes par mètre cube, peuvent être précipitées, en grande majorité, dans les conduits, en ne laissant que 2 à 3 grammes à enlever par les laveurs. Les procédés très variés employés pour le

nettoyage de ces gaz peuvent se diviser en deux classes, suivant que l'on procède par voie sèche ou par voie humide, pour enlever les dernières poussières. A Horde, les gaz traversent cinq nettoyeurs secs, un scrubber et un nettoyeur à sciure de bois, puis une tuyauterie de 450 m de long, dont ils sortent complètement nettoyés ; à Differdenge, ils sont filtrés après avoir traversé trois laveurs à eau, les moteurs ont pu marcher trois mois avec ces gaz sans aucun nettoyage ; à Differdenge également, on emploie avec succès, pour des gaz chargés de 4 à 5 gr de poussière par mètre cube, le nettoyage par passage successivement dans deux ventilateurs de 1,50 m de diamètre tournant à 900 tours par minute avec injection d'eau axiale ; ces deux ventilateurs suffisent pour six moteurs de 600 chevaux. La mise en train des moteurs se fait, à Seraing, par un mélange d'air et d'essence, que l'on comprime en tournant le volant par un treuil à main et que l'on allume : on emploie souvent aussi et de préférence l'air comprimé. Les souffleries sont presque toujours commandées directement à la vitesse même du moteur soit dans le prolongement de sa tige de piston, soit par manivelle sur l'arbre moteur ; l'emploi de soupapes légères comme les Lang-Horbiger ou de petits robinets Corliss permet de marcher sans inconvénient à 120 tours par minute. Les avis sont très partagés en ce qui concerne le nombre des cylindres à adopter pour les moteurs; les moteurs de Seraing, à cylindre unique 1,40 m de course, donnent, à 93 tours, 886 chevaux indiqués et 725 chevaux effectifs, rendement organique 82 p. 100, thermique 31,5 p. 100 en chevaux indiqués (essais Hubert), mais d'après M. Munzel, directeur de la Gasmotoren Fabrick, Deutz, il ne faudrait pas dépasser 250 chevaux par cylindre. Le moteur monocylindrique de Seraing de 600 chevaux pèse 127 tonnes ; un moteur de Deutz de même puissance ne pèse que 106 tonnes, la dépense d'eau de refroidissement est aussi moindre avec le moteur à quatre cylindres ainsi que les risques d'allumage à contretemps ; la marche est plus régulière avec un volant beaucoup plus léger, mais les mécanismes sont plus nombreux. Les moteurs à deux temps sont actuellement très étudiés pour l'emploi des gaz de hauts fourneaux ; M. Donkin cite notamment les types de Körting et de Von Œschelhauser, bien connus de nos lecteurs qui ont donné d'excellents résultats. Actuellement c'est en Allemagne que la question des moteurs à gaz de hauts fourneaux fait le plus de progrès, l'usine de Deutz en a fourni pour 10 120 chevaux, von Œschelhauser pour 12 800, Körting 11 800, Cockeril 9 900, soit, en Allemagne un total de 44 000 chevaux.

Fonctionnement en parallèle des alternateurs couplés directement à des machines Corliss, par P. C. Oscanyan. *Electrical World*, t. XL, p. 416-417, 13 septembre 1902. — L'auteur décrit un procédé simple pour mesurer les variations de vitesse pendand une révolution. Il trace des courbes qui montrent que la puissance synchronisante peut avoir pour effet d'augmenter ces variations, jusqu'à mettre l'alternateur hors de phase. Il en conclut que la question du fonctionnement en parallèle doit se traiter par la considération simultanée des caractéristiques de la machine motrice et de celles de l'alternateur. P. L.

Pile Rosset. Brevet français n° 316 999 du 18 décembre 1901. — L'inventeur revendique l'emploi comme dépolarisant, des oxydes supérieurs de plomb et surtout de manganèse (oxydes naturels ou manganites de chaux régénérés du procédé Weldon). Lorsqu'on fait usage du bioxyde de manganèse en présence du sel ammoniac, on n'obtient que 1,48 volt comme force électromotrice. Au contraire, en présence d'un acide, la force électromotrice monte à 2,10 et 2,20 volts et la polarisation est meilleure. L'acide sulfurique convient le mieux, car la réaction $SO^4H + MnO^2 = SO^4Mn + H^2O + O$ ne se fait qu'au fur et à mesure du fonctionnement de la pile et sans dégagement d'odeur. Cependant on peut faire usage également d'acide chlorhydrique. L'introduction d'un acide peut se faire des différentes façons suivantes : 1° on peut verser de temps en temps quelques gouttes d'acide dans

le vase poreux contenant l'oxyde supérieur de manganèse, mélangé avec du graphite ou du coke ; 2° mettre dans la pile un anhydride, un acide condensé, par exemple du bisulfate ; 3° mettre un chlorure d'acide que l'humidité décompose peu à peu en ses deux acides : chlorure de sulfuryle, de nitrosyle, sulfate de nitrosyle, bromure de sulfuryle, etc ; 4° mettre un corps poreux imprégné d'acides ou de vapeurs acides, par exemple la ponce sulfurique avec le bioxyde de manganèse, ou faire absorber au coke ou au graphite à mélanger au bioxyde de manganèse de l'acide sulfurique, comme on le fait pour la ponce sulfurique. La pile peut être construite humide ou sèche ; la solution excitatrice est quelconque : eau pure, acidulée, alcaline, chlorure alcalin, sulfate ou bisulfate alcalin. Le zinc peut être protégé par application d'un corps gras, en présenee ou non du mercure. La pile est réversible car l'électrolyse d'un sel de manganèse, notamment le sulfate de manganèse donne à nouveau du bioxyde de manganèse au pôle positif. L. J.

Protection, entretien et dépréciation des batteries d'accumulateurs. *American Electrician*, t. XIV, p. 437-438, septembre 1902. — A la réunion de l'Electric Light à Cincinnati, on a posé ces deux questions : 1° comment peut-on protéger des batteries d'accumulateurs reliées à des machines synchrones ou asynchrones, quand il se produit une interruption de courant sur la ligne de transmission ? 2° A combien reviennent l'entretien et la dépréciation des batteries ? En réponse à la première question, on a généralement conseillé l'emploi des disjoncteurs ou des fusibles ordinaires. A la seconde question, deux personnes ont répondu. Selon l'une, le chiffre demandé est de 10 à 15 p. 100 ; l'autre l'évalue à 9 ou 10 p. 100, dans certaines conditions que l'article énumère. P. L.

Détérioration des plaques d'accumulateurs, par A.-L. Marsh. *Electrical World*, t. XL, p. 409-411, 13 septembre 1902. L'auteur signale les principaux défauts qui tendent à abréger la durée des accumulateurs des types suivants : plomb-plomb, zinc-oxyde de cuivre, nickel-fer, zinc-chlore, argent. Ce dernier type serait le mieux adapté au service de la traction. L'auteur fait remarquer que le poids nécessaire d'oxyde d'argent correspondrait seulement au poids de peroxyde de plomb, et non au poids de l'électrode entière. La grille positive serait de nickel ou d'acier ; la grille et les matières actives de l'autre électrode pourraient être de fer. P. L.

Considération sur un accumulateur léger, par le Dr Konrad Norden, *Centralblatt f. Accumulatoren Elementen- und Accumobilenkunde*, t. III, p. 209, 15 août 1902. — L'auteur pose en principe l'insolubilité des électrodes ; il passe en revue les principaux accumulateurs proposés, autres que l'accumulateur au plomb. Il s'étend sur l'élément Edison qui est un progrès dans cette voie, mais qui est susceptible de perfectionnements. Dans la comparaison avec l'accumulateur au plomb, il montre la supériorité de la plaque négative Edison puisqu'un kilogramme de fer passant à l'état d'oxydule peut donner 957,5 ampères-heure, tandis qu'un kilogramme de plomb spongieux donne seulement 259 ampères-heure. L'électrode positive Edison peut donner théoriquement soit 592, soit 324,5, soit encore 296 ampères-heure par kilogramme d'oxyde supérieur de nickel, selon qu'on admet la réduction de NiO^2 en NiO comme Edison, ou de Ni^2O^3 en NiO comme Michalowski, ou encore de NiO^2 en Ni^2O^3 comme Marsh. Les deux valeurs plus faibles qui sont aussi les plus vraisemblables ne sont pas très supérieures à celles que donne l'électrode positive de l'accumulateur au plomb, puisqu'un kilogramme de peroxyde peut donner 224,7 ampères-heure. En terminant l'auteur dit quelques mots des nouveaux couples proposés par Michalowski et par E. Jungner et qui montrent que si l'accumulateur léger n'est pas encore complètement réalisé, il est du moins réalisable.

L. J.

Bacs pour accumulateurs Guy Marino. Brevet français, n° 310 982, du 4 mai 1901. — En vue d'éviter la chute des matières actives des électrodes, celles-ci sont logées ici dans des récipients en bois poreux. Ce bois poreux peut être obtenu de deux manières différentes, ainsi qu'il est décrit ci-dessous. Le bois, de préférence du bois blanc léger, est mis préalablement sous la forme voulue de récipient. D'après le premier procédé le bois est traité de manière à enlever successivement les substances principales qui garnissent les cellules juxtaposées afin d'obtenir la matière ligneuse du bois avec les innombrables cavités dont elle est naturellement criblée sans diminuer sa solidité. Ces substances principales sont : la cellulose, la matière incrustante, la xylose et la paraxylose (premiers corps cellulosiques) et la matière résineuse. Pour enlever la cellulose qui forme les parois des cellules et des fibres et constitue la majeure partie du bois, on emploie la liqueur de Schweitzer (solution ammoniaco-cuivrique) dans laquelle la cellulose est complètement soluble. Pour détruire la matière incrustante (qui existe en plus grande quantité dans le bois lourd et dur que dans le bois léger blanc), on traite ensuite le bois par une dissolution alcaline additionnée de chlorure de chaux et filtrée. Pour dissoudre la xylose et la paraxylose, on traite par l'acide chlorhydrique. Le bois, sous forme de plaques, de vases, etc., étant ainsi traité, est lavé à l'eau bouillante dans un bain auquel on ajoute du charbon de bois, ce dernier étant destiné à absorber l'acide chlorhydrique et les gaz développés par la chaleur, puis on lave à l'eau froide. Pour enlever la matière résineuse, on soumet ensuite le bois à l'action de l'alcool chaud. Une variante de ce procédé consiste, après avoir dissous la cellulose, à détruire la matière incrustante et la xylose et la paraxylose par l'acide azotique concentré froid, puis à traiter par l'acide sulfurique concentré froid jusqu'à ce que le bois ait pris une couleur brunâtre ; puis après lavage, on dissout la matière résineuse comme il a été dit plus haut. Les vases ou parois devant être au contact de l'acide sulfurique sont en outre soumis à l'action d'une solution de cet acide. Le second procédé pour obtenir le bois poreux consiste à placer celui-ci dans un récipient chauffé, de manière à lui faire perdre par distillation 30 à 50 p. 100 du poids ; on obtient ainsi le bois dénommé bois torréfié ou charbon roux. Le chauffage du récipient doit être bien uniforme afin de traiter toutes les parties des objets de bois au même degré. Les vases de bois obtenus d'après l'un ou l'autre des procédés ci-dessus mentionnés empêchent toute chute de matière active, et par suite de leur porosité, donnent libre circulation à l'électrolyte et aux gaz formés. L. J.

Accumulateurs Guy Marino. Certificat d'addition au brevet français n° 310982, du 4 mai 1901. — L'accumulateur breveté ici est une application du genre de récipients en bois poreux décrits précédemment (brevet principal ci-dessus). Une boîte en plomb laminé, de forme quelconque, par exemple rectangulaire, est divisée, par des cloisons de plomb, en compartiments, ces cloisons étant soudées entre elles ainsi qu'à la paroi du récipient ; des échancrures convenablement ménagées permettent la communication entre les divers compartiments et l'écoulement général du liquide quand il y a lieu de le changer, ce qui se fait par un orifice dont est pourvue la boîte à sa partie inférieure. Cet ensemble métallique constitue le pôle négatif de l'accumulateur. Dans chacun des compartiments est placé un vase poreux préparé comme il est exposé dans le brevet principal ; chaque vase contient un conducteur en plomb (lame, tige, etc.) et est rempli d'une pâte de peroxyde et d'eau acidulée sulfurique. Tous ces conducteurs sont réunis électriquement par un collecteur qui forme le pôle positif de l'accumulateur. Pour former l'élément, la boîte dont les compartiments communiquent est remplie d'une solution d'un sel de plomb, plombite ou plombate de

potasse ou de soude. En faisant passer le courant, on obtient un dépôt de plomb spongieux qui se forme sur les parois des compartiments. Lorsque ce dépôt a acquis l'épaisseur désirée, on retire l'électrolyte, ce qui se fait facilement grâce à l'orifice d'écoulement de la boite, on lave ensuite à plusieurs reprises le récipient avec de l'eau acidulée, afin d'enlever l'alcalinité du dépôt de plomb spongieux. L'accumulateur étant ensuite rempli comme à l'ordinaire d'eau acidulée est alors prêt à être employé. L'inventeur revendique pour cet élément l'avantage d'atteindre le maximum de développement de la surface active, de permettre les charges rapides et de pouvoir supporter les chocs et trépidations. La résistance intérieure pourrait de plus être très réduite par suite de la possibilité de rapprocher les électrodes jusqu'à la dernière limite, sans risque de contact. L. J.

Accumulateur Brault de Bournonville électrique à électrodes horizontales formées d'assiettes poreuses supportant la matière active. Brevet français n° 317 565, du 10 janvier 1902. — On fabrique au tour de potier, avec la terre poreuse employée pour les vases des piles Bunsen, des assiettes de 3 à 4 mm d'épaisseur, rondes, plates et munies de rebords verticaux ; le fond se prolonge par une queue plate percée d'une ouverture ronde ou carrée servant à l'enfilage, sur deux tiges, des assiettes qui sont superposées. Les assiettes sont garnies sur leur fond intérieur d'une couche de pâte formée d'oxydes de plomb et d'eau acidulée de 5 à 6 mm d'épaisseur. Quand la pâte commence à durcir, on insère par une échancrure que porte l'assiette une lame de cuivre ou d'un métal conducteur entre la pâte et le fond de l'assiette. Cette lame est reliée après montage à l'une des deux tiges verticales de prise de courant, à l'aide de vis. L'ensemble ainsi constitué est introduit dans un bac que l'on remplit d'acide à 22 ou 24° B. L. J.

Accumulateurs Verny. Brevet français n° 317 313, du 30 décembre 1901. — Les électrodes sont constituées par deux feuilles de plomb, une positive et une négative, pliées en éventail et rentrées l'une dans l'autre après avoir fait à la partie supérieure des échancrures pour le passage des deux queues de prise de courant. L. J.

Accumulateurs Oppermann. Brevet français n° 317 621, du 8 janvier 1902. — Pour augmenter l'adhérence entre la matière active et son support en plomb, celui-ci est rendu rugueux en le gravant par projection de sable, émeri ou autre substance appropriée. Afin de rendre la matière active plus dure, on effectue une pâte d'oxyde de plomb, d'acide sulfurique dilué et d'une faible proportion d'un agglutinant ou d'un ciment insoluble dans l'acide sulfurique. Dans ce but, on emploie le bitume dissous dans un hydrocarbure léger tel que la benzine, la solution de bitume dans la benzine étant ensuite étendue d'alcool pour lui permettre d'être mélangée à l'acide sulfurique dilué. Comme meilleures proportions, on prend : 28 gr de bitume dissous dans 28 centilitres de benzine, on dilue avec 1,13 litre d'alcool (méthylé). On ajoute cette solution à de l'acide sulfurique étendu (densité 1,17) de façon à former avec les oxydes de plomb une pâte de la consistance voulue. On peut supprimer l'acide sulfurique et mettre 2,84 litres de solution de bitume pour 50 kg d'oxydes de plomb. On sèche à basse température pour évaporer le dissolvant. Les plaques sont à grille mince ; chaque plaque est recouverte sur chacune de ses faces d'une mince feuille d'ébonite ; entre deux feuilles de recouvrement des plaques adjacentes, on intercale des cordes d'amiante, de caoutchouc, laine de scorie, fil de verre, etc., permettant la circulation du liquide et le dégagement des gaz. L'ensemble des plaques est supporté dans le bac par des coussins élastiques constitués par des balles de caoutchouc gonflées d'air et collées aux quatre coins du vase. L. J.

Diaphragme isolant pour accumulateurs de la Compagnie française de l'Amiante du Cap. Brevet français n° 314 337, du 18 septembre 1901. — On prend une

feuille de carton d'amiante et on la trempe dans un bain de silicate de soude plus ou moins dilué. On porte ensuite la feuille imprégnée de silicate de soude dans l'eau acidulée sulfurique. Il se forme du sulfate de soude et de la silice gélatineuse qui se précipite dans les pores du carton d'amiante. On lave ensuite à grande eau pour enlever le sulfate de soude soluble. Si le carton d'amiante ainsi préparé était exposé à l'action de l'air, il se formerait un carton-pierre ne pouvant plus absorber l'eau. Aussi, après fabrication, immerge-t-on ce carton dans un bac d'eau où il conserve toute sa souplesse. Ce diaphragme conserve indéfiniment toute sa souplesse et, par le serrage des électrodes, il épouse exactement toutes les aspérités; il empêche la chute des oxydes de plomb et la déformation des plaques. La résistance intérieure est très faible et la durée indéfinie. Le carton d'amiante ainsi préparé ne se dilate pas comme le ferait le carton d'amiante ordinaire. Comparé aux toiles d'amiante ou de celluloïd perforé, ce nouveau diaphragme empêche les arborescences qui se produisent sur les électrodes et forment des courts-circuits amenant la destruction rapide de la batterie. L. J.

Accumulateurs Fournier à électrodes en charbon. Brevet français n° 317812, du 17 janvier 1902. — Les électrodes sont constitués par un crayon de charbon pouvant affecter différentes formes : uni, à ailettes, à cannelures, etc. Ce crayon est disposé dans un vase poreux rempli de minium (positif) ou de litharge (négatif) purs ou mélangés de charbon pulvérisé. Pour permettre le foisonnement, les vases poreux peuvent être sciés en deux suivant deux génératrices; les fentes sont ensuite recouvertes de toile d'amiante et on ligature avec des fils d'amiante. Des trous sont prévus pour laisser échapper les gaz. L. J.

Accumulateurs Mathias. Brevet français n° 317634, du 9 janvier 1902. — Dans cet accumulateur, on substitue l'antimoine spongieux au plomb spongieux, à la négative; la positive restant le peroxyde de plomb. On obtient l'antimoine spongieux en réduisant par électrolyse les oxychlorures, oxysulfures et sulfures d'antimoine agglomérés. On peut encore précipiter l'antimoine en poudre des solutions de sels d'antimoine, ou encore faire un alliage d'antimoine et d'un autre métal, métal que l'on dissout ensuite. L. J.

Usine génératrice hydro-électrique de Kvarnsveden (Suède). *Traction and Transmission*, t. V, p. 130, octobre 1902. — Article accompagné de vues photographiques dans lequel M. J.-S. Egstrom donne sur cette station les renseignements suivants. Tout récemment, les usines métallurgiques de Domnarfvet, à Kvarnsveden (Suède Centrale) viennent d'adjoindre à leur installation une station centrale hydro-électrique. Cette station est la propriété de la Stora Kopparsberg Bergslags Aktiebolag et est située à proximité d'une des chutes de la Dalelfven. La chute utilisable a une hauteur de 13 m et son débit varie de 100 à 2 000 m³ par seconde. Neuf mois dans l'année on peut compter sur 200 m³, ce qui correspond à une force de 25 750 chevaux recueillie par les turbines, en tenant compte des pertes qui peuvent se produire. Actuellement, l'installation dispose d'une puissance de 10 000 chevaux fournis par huit unités électriques, une neuvième unité servant de réserve. Chaque unité consiste en une turbine double, 4 d'entre elles actionnent la machinerie des usines Kvarnsveden et 4 sont couplées avec des génératrices. Les turbines employées ont été construites aux ateliers Dayton Globe, à Dayton (Ohio), leur diamètre est de 915 mm et leur puissance de 1 200 chevaux pour une vitesse de 225 tours par minute le rendement garanti est de 84 p. 100 Les quatre unités électriques fournissent des courants alternatifs triphasés à 7 000 volts, dont une partie est utilisée par les papeteries de Kvarnsveden, ces mêmes courants alimentent également les usines métallurgiques de Domnarfvet situées à une distance de 4,500 km. Ces deux usines possèdent des transformateurs qui réduisent le courant à 520 volts, lequel courant est ensuite directement employé par les moteurs à courant alternatif de l'usine métallurgique de Domnarfvet. A Kvarnsveden, une sous-station transforme le courant alternatif en courant continu pour des moteurs destinés à l'éclairage, pour la commande de machineries et pour la fourniture du courant à une ligne de trams de 8 km de longueur. Les alternateurs de la grande station centrale de Kvarnsveden ont un diamètre extérieur de 3 200 mm. Ils sont directement réunis à l'arbre des turbines au moyen de manchons élastiques. Les excitatrices sont directement montées sur les arbres des génératrices et fournissent un courant de 600 ampères et 30 volts. Le tableau de distribution est formé de plaques de marbre montées sur une charpente en fer, il porte tous les appareils nécessaires pour un courant à haute tension. Les machines électriques, les conducteurs de courant et les transformateurs de Kvarnsveden et de Domnarfvet ont été fournis par la Compagnie Oerlikon, de Zurich. J. C.

Usine génératrice hydro-électrique de Hafslund (Norvège). *Traction and Transmission*, t. V, p. 130, octobre 1902. — Cette usine est située sur la rivière Glommen, la plus grande de toute la Norvège. La chute utilisable mesure 18,2 m de hauteur, les canaux ont été aménagés pour un débit de 127 m³ par seconde, ce qui équivaut à une force de 22 240 chevaux. Une partie de l'eau de la chute est captée par les vieilles usines installées au pied de la chute, une autre partie est utilisée par la station centrale et une bonne partie est encore inutilisée. La station centrale de Hafslund comprend deux petites unités de 200 kilowatts chacune et 6 grandes unités de 800 kilowatts; elle est pourvue de turbines Jonval sortant des ateliers Rieter de Wintherthur (Suisse). Chacune des six grandes unités produit 1 200 chevaux sur l'arbre, à 143 tours par minute; le courant alternatif produit par la station génératrice a une tension de 6 000 volts. L'énergie électrique est utilisée en partie à proximité de la chute, pour la commande de l'usine à carbure, et par un chemin de fer électrique allant des chutes au port mari-

time. L'usine fournit également le courant pour l'éclairage et la force motrice à la ville de Fredrikstad, à une distance d'environ 10 km. Le chemin de fer en question a une longueur de voie de 4,4 milles, soit près de 7,080 km avec une déclivité de 3 p. 100 et des courbes d'un rayon minimum de 150 m La largeur de la voie est de 1,435 m et le poids des locomotives qui y circulent est de 22 tonnes, la traction du matériel roulant y est opérée au moyen de deux locomoteurs munis de 4 moteurs de 30 chevaux chacun. Le matériel électrique de la station Centrale de Hafslund et du chemin de fer électrique a été fourni par la Compagnie électrique Schuckert, de Nuremberg.

J. C.

Usine génératrice avec moteurs à gaz de Tunis. *Revue industrielle*, t. XXXIII, p. 374, 20 septembre 1902. — Cette usine, inaugurée en mai dernier, se trouve située dans l'usine à gaz; elle présente cette particularité que les moteurs, au nombre de 4, peuvent être alimentés soit par le gaz d'éclairage, soit par du gaz pauvre produit par un gazogène Pierson. L'article donne de cette installation la description suivante, accompagnée d'une planche de 5 coupes et vues en plan : Le gazogène proprement dit est composé de divers éléments, soit : deux petites chaudières de 15 m² de surface de chauffe, trois générateurs de 150 chevaux l'un, trois surchauffeurs, un barillet commun, six colonnes-condenseurs, une colonne à coke, deux épurateurs à grande surface et un gazomètre de 250 m³ non figuré. Il eût été inutile de donner un volume plus grand au gazomètre, car, avec les gazogènes Pierson, il est facile de produire instantanément une quantité quelconque de gaz jusqu'à concurrence du maximum de production de l'appareil. Les générateurs sont à double enveloppe et à grille horizontale. Le tuyau de sortie des gaz est enfermé dans un second tuyau de plus fort diamètre. L'injection du mélange d'air et de vapeur est faite dans l'espace annulaire qui résulte de la disposition de ces deux tuyaux placés concentriquement. Le gaz produit sort à une température de 450° par le tuyau intérieur. Le mélange d'air et de vapeur injecté dans l'espace annulaire indiqué ci-devant récupère la chaleur perdue par le gaz sortant. A l'entrée dans la double enveloppe du gazogène, le mélange vapeur et air a augmenté sa température de 50° à 70° environ. Ce mélange se réchauffe encore dans la double enveloppe par contact avec la paroi du gazogène et arrive au bas de la grille ayant une température sensiblement plus élevée. Le mélange passe à travers la grille, monte à travers la masse incandescente et le gaz produit, sortant du gazogène, est conduit vers les condenseurs. Passant ensuite dans la colonne à coke et les épurateurs, il est conduit au gazomètre et de là aux moteurs. Les moteurs Crossley à quatre temps, d'une puissance de 106 chevaux sont du type monocylindrique à grande vitesse, spéciaux pour lumière électrique, munis d'un seul volant très lourd. L'arbre est prolongé à l'extérieur du volant et repose sur un troisième palier. De cette manière le volant est supporté de chaque côté. Le vilebrequin du moteur est muni de contrepoids qui donne un équilibre parfait à la machine. Les soupapes sont disposées de telle façon que non seulement elles sont faciles à démonter, mais encore elles peuvent être retirées avec leur siège et les pièces à soulever ne sont pas d'un poids exagéré. Le gazogène Pierson de l'usine de Tunis est alimenté par le coke tout venant de l'usine à gaz et les moteurs sont disposés de telle façon qu'ils peuvent être alimentés, soit au gaz de houille, soit au gaz pauvre. Deux canalisations ont été établies à cet effet et l'on peut passer d'un gaz à l'autre sans arrêter les moteurs ; le passage d'un gaz à l'autre ne cause aucune perturbation dans la régularité de la lumière électrique. L'installation d'un gazogène et de moteurs à gaz dans une station électrique d'usine à gaz, qui se défend déjà par l'économie considérable qu'offre le gaz pauvre sur la vapeur, semble présenter encore, pour d'autres raisons, une solution fort heureuse : Tout d'abord, l'usine à gaz produit les deux aliments nécessaires aux moteurs et au gazogène, le gaz de houille et le coke. Cela dispense de faire une installation de secours. Le gaz de houille, en effet, peut servir de secours dans le cas où le gazogène serait en réparation ; ce cas est rare, très rare même, mais il faut tout prévoir. Ensuite, l'industrie gazière reste dans son élément qui est le gaz et non pas la vapeur. En troisième lieu, il est possible, avec une installation ainsi montée, de consommer ou de produire du coke, à volonté. Lorsque le coke est cher et de bonne vente, on fera marcher les moteurs au gaz de houille ; par contre, le coke est-il déprécié et difficile à vendre, on alimentera les moteurs au gaz pauvre en brûlant du coke dans le gazogène. Le coke transformé ainsi en électricité produira 1 kilowatt pour 1 200 gr de coke tout venant, cendres non déduites. Le kilowatt, s'il est vendu 1 fr, fera ainsi ressortir le coke à 833 fr la

tonne ; ce prix doit laisser une marge suffisante pour amortissements et frais généraux.

Usine génératrice du chemin de fer surélevé de Manhattan (N.-Y.). *Electrical Review* (N.-Y.), 18 janvier 1902. — La station génératrice est de 80 000 chevaux, comprenant 8 unités indépendantes dont l'équipement consiste en 4 batteries de chaudières, d'un condenseur, d'un moteur et un alternateur. La pression est de 14 kg, avec chargement mécanique des foyers. Il y a 60 économiseurs Green et 4 cheminées de 63 m, plus 16 machines soufflantes pour le tirage forcé. Les moteurs sont à 2 cylindres verticaux et 2 horizontaux (basse pression) ; les cylindres ont un diamètre de 2,20 m et une course de 1,50 m ; la capacité maxima des moteurs est de 12 000 chevaux, à 75 tours-minute. L'arbre coudé reçoit 8 impulsions par tour, ce qui, avec la disposition des inducteurs mobiles, dispense de tout volant ; les deux côtés de chaque moteur sont indépendants. Les dynamos sont de 11 000 volts, et donnent une courbe de force électromotrice sinusoïdale dans toutes conditions de charge et de facteur de puissance, l'élévation de température est de 35° C. après 24 heures de pleine charge, et de 55° C. pour 50 p. 100 de surcharge ; le rendement en pleine charge est de 96,5 p. 100 ; la puissance normale est de 5 000 kilowatts et peut être élevée à 7 500 kilowatts. Les inducteurs sont mobiles, leur diamètre est de 9,60 m, leur poids de 168 tonnes ; il y a 40 pôles avec enroulement nu extérieurement ; le courant d'excitation est de 225 ampères, 200 volts. L'enroulement induit a quatre encoches par pôle et par phase, chaque encoche renferme 3 barres que l'on peut réparer sans déranger ni l'enroulement, ni le bâti ; l'isolation a été soumise à un essai de 25 000 volts pendant une demi-heure sans accident. Chaque dynamo complète pèse 408 tonnes ; et a été montée pour la première fois sur place, le bâti se composant de 6 pièces pour lesquels il fallut construire des wagons spéciaux pour le transport des ateliers Westinghouse, de Pittsbourg, à l'usine de New-York. La hauteur totale des machines est de 12,60 m. Les commutatrices des sous-stations ont une capacité totale de 55 000 kilowatts, par unité de 2 250 kilowatts, avec un rendement garanti de 95,75 p. 100. P. L. C.

Usine génératrice mixte pour éclairage et chemin de fer de Wilmington (Caroline du Nord). *Electrical World*, t. XL, p. 215, 9 août 1902. — La Compagnie qui fournit l'énergie électrique nécessaire à l'éclairage et aux tramways de Wilmington a entrepris l'électrification du chemin de fer Wilmington-Wrightsville Beach, long de 19 km. Toute la distribution sera alimentée par une seule usine et le principal groupe électrogène sera une turbine à vapeur-dynamo de 400 kilowatts. L'article donne le diagramme de la distribution. P. L.

Usine génératrice de Syracuse (Etats-Unis). *Electrical Review* (N.-Y.), 25 janvier 1902. — Cette station est située à 800 m du centre de distribution qui se trouve dans la ville de Syracuse, sur le lac Erié. Ce lac est fermé à la navigation pendant quatre mois de l'année, ce qui oblige à recourir à la voie ferrée pour le transport de la houille. Cette station est une des mieux comprises parmi les stations d'importance moyenne des Etats-Unis. L'eau d'alimentation renfermant beaucoup de sels est filtrée à chaud à travers un lit de charbon et de gravier. Les dynamos sont actionnées par des moteurs verticaux compound ; ce sont des alternateurs triphasés, à 2 400 volts, 60 périodes. La station distribue environ 1 800 chevaux de force motrice, sous forme de courant continu dans la plupart des cas. Des machines Brush et de la General Electric C° distribuent la lumière par arcs en séries de 50 ou 125. La station alimente ainsi environ 1350 lampes à arc et, en outre, l'équivalent de 95 000 lampes de 16 bougies. P. L. C.

Dépréciation du matériel des stations centrales. *American Electrician*, t. XIV, p. 427-428, septembre 1902. — On a discuté cette question à la dernière réunion de la National Electric Light Association, à Cincinnati. Un des orateurs a dit que la dépréciation du matériel des stations centrales doit s'évaluer à 15 ou 20 p. 100 peu-

dant les quelques premières années ; elle devient moins rapide ensuite. Cette estimation a été généralement trouvée trop élevée. La Compagnie Edison de New-York porte 8 p. 100 à son compte de dépréciation ; cela représente pour le matériel une durée de 12 années. P. L.

Le type normal de machine pour stations, par A. Day, *Electrician*, t. XLIX, p. 558-560, 25 juillet 1902. — Malgré la faveur dont jouit en Angleterre le moteur à grande vitesse, l'auteur estime que les machines à faible vitesse sont destinées à devenir le type des moteurs des grandes stations génératrices, comme il s'en est construit ces dernières années en Amérique et sur le continent. Dans ces grandes usines, la question de l'encombrement devient secondaire, et pour de grandes unités la différence entre les deux types n'est pas, à ce point de vue, très considérable. L'auteur s'attache à faire ressortir les autres avantages des grandes machines horizontales à faible vitesse angulaire ; au point de vue économique, et d'après son enquête personnelle, il estime que l'on arrive à une dépense de 0,01 fr par cheval-heure indiqué avec de la houille à 8,75 fr la tonne, et une charge variant de 10 p. 100. La tuyauterie de vapeur est, en outre, très simplifiée ; l'entretien est plus aisé, les réparations sont réduites au minimum avec la distribution Corliss, la machine et la dynamo se démontent facilement, l'arbre est plus résistant avec la disposition de l'induit calé entre deux manivelles, que s'il est placé à l'extrémité d'un arbre à trois manivelles ; enfin, les machines construites actuellement donnent un couple de rotation suffisamment constant, sans volants trop lourds comme il était à craindre. P.-L. C.

Sur la reconstruction des stations centrales, par O.-M. Rau. *Electrical Review*, N. Y., 25 janvier 1902. — Dans cette communication lue à la *Northwestern Electrical Association*, l'auteur examine les systèmes de génération et de distribution à adopter par les stations centrales se proposant de renouveler leurs matériels. Il préconise comme unités quelques alternateurs, de puissance légèrement supérieure aux moteurs qui les actionneront. Les courants seront triphasés à 2 000 volts, avec fil neutre. La phase 1 avec le fil neutre alimentera un ou plusieurs postes de transformateurs avec secondaires à 3 fils pour l'éclairage des quartiers d'affaires ; la phase 2 avec le neutre sera employée pour les quartiers éloignés. La phase 3 servira pour l'éclairage à arc en série par l'intermédiaire de transformateurs à courant constant. Des lignes spéciales triphasées à 4 000 volts obtenus en mettant 2 transformateurs de 2 000 volts en série, fourniront la force motrice et alimenteront les consommateurs très éloignés. P.-L. C.

Dépenses d'exploitation de diverses stations centrales du Massachusetts, par Alton Adams, *Electrical Review*, N. Y., t. XLI, p. 77-78, 19 juillet 1902. — Les dépenses totales des stations du Massachusetts ont à peu près triplé de 1890 à 1901 (292,5 p. 100), alors que la vente d'énergie est devenue 2,94 fois plus forte. Les différents facteurs composant la dépense totale n'ont pas conservé la même proportion ; nous en donnerons les variations extrêmes en pour cent des dépenses totales :

	1890	1901
Production	56,1	49,1
Distribution	20,9	24,1
Administration	8,6	13
Divers	9,1	5,9
Taxes	5	7,6

Les dépenses de production restent de beaucoup les plus importantes ; en 1901, elles se répartissent comme suit en pour cent :

Combustible	48,4
Huiles et chiffons	2,2
Eau	3

Salaires	28,2
Réparations aux bâtiments	2,2
Réparations aux moteurs	6,7
Réparations aux dynamos	5,9
Appareils	0,65
Loyers	3,2

Les dépenses de combustibles sont en augmentation relatives parce qu'elles croissent immédiatement avec la consommation; la quote-part des salaires diminue par suite de l'emploi d'unités plus puissantes.

Les dépenses de distribution se répartissent, en pour cent, comme suit :

	1896	1897	1898	1899	1900	1901
Surveillance et encaissements	33,2	36,7	34,1	32,7	30,4	29,6
Réparations de lampes et lignes	41,5	39,1	42,2	43,5	45,7	46,8
Charbons	12,4	11,3	10,3	9,3	8,3	7,1
Lampes à incandescence	11,8	11,9	11,7	12,6	13,2	13,6
Globes	0,9	0,8	0,9	1	1,3	1,8
Outillage	»	»	0,6	0,7	0,9	1,4

Le dépense de charbons a diminué notablement avec l'usage de l'arc en vase clos. P.-L. C.

Prix de vente de l'énergie électrique. *Electrical World*, t. XL, p. 362-366, 6 septembre 1902. — La rédaction du journal ayant demandé à un grand nombre de chefs de stations centrales des renseignements sur leurs tarifs, publie les réponses qui lui ont été adressées. D'après les informations ainsi recueillies, on vend partout l'énergie électrique au compteur, à tarif simple ou multiple. Dans le cas du tarif simple, les factures importantes bénéficient d'un escompte plus ou moins élevé. Quelques compagnies remplacent gratuitement les lampes. P. L.

Traction.

Les problèmes de la traction électrique sur les grandes lignes, par Charles T. Child. *Engineering Magazine*, t. XXIII, p. 701-706, août 1902. — Tandis qu'il n'y a qu'une sorte de service pour les tramways, il y en a deux pour les chemins de fer : transport des voyageurs et transport des marchandises; de plus, les trains se différencient par la composition, la vitesse et l'horaire. La puissance motrice et son mode d'application varient donc grandement d'un train à l'autre. Quelle que soit sa nature, elle doit être parfaitement réglable, réversible et doit pouvoir donner toutes les vitesses comprises entre la vitesse maxima et la marche lente nécessaire pour l'attelage des wagons et les autres manœuvres du même genre. Si on abandonne la puissance motrice jusque-là employée pour une autre de nature différente, ce changement ne doit causer aucun accroissement des risques du personnel ou du matériel; en outre, il doit naturellement réduire les dépenses d'exploitation. Ayant ainsi résumé les conditions qui s'imposent à un système de force motrice pour chemins de fer, l'auteur examine les ressources offertes par la traction électrique. Les moteurs à courant continu ont de grands avantages : couple de démarrage énergique, facilité de réglage, grande résistance mécanique. Mais comme, en pratique, on ne peut guère les adapter à des tensions supérieures à 700 ou 800 volts, ils exigent 1 ampère de courant par cheval développé. Avec les trains lourds et les grandes vitesses, la difficulté de recueillir les courants intenses nécessaires devient insurmontable. Le système des sous-stations, imaginé pour tourner cet obstacle, ne peut être considéré que comme un expédient, à cause des frais élevés qu'il entraine. Parmi les machines à courants alternatifs, le moteur asynchrone polyphasé a déjà été employé dans plusieurs installations; il peut fonctionner à très haute tension (12 à 15000 volts pour les grands moteurs), mais son facteur de puissance est bas et son réglage jusqu'ici peu satisfaisant. Au point de vue de la génération et de la distribution, les courants alternatifs ont tous les avantages sauf un : les courants polyphasés exigent trois conducteurs, c'est-à-dire deux trôlets au moins, si les rails de roulement font partie du circuit électrique : il faudra donc, aux aiguillages, rapprocher des conducteurs soumis à des potentiels très différents. Quant au système du troisième rail, l'auteur le déclare dangereux. La distribution qui consiste à transmettre la puissance par courants alternatifs et à installer sur chaque train une sous-station parait intéressante, mais il lui manque

l'épreuve de la pratique. D'ailleurs, l'électrification des grandes lignes de chemins de fer ne se fera que si elle amène une économie dans les frais d'exploitation ou, ce qui revient au même, si elle permet d'accroître le trafic. Les lignes suburbaines, où la supériorité de la traction électrique est déjà manifeste, pourront servir de champ d'expériences. P. L.

Éclairage.

Influence du champ magnétique sur l'arc à courant alternatif, par C.-H. Bedell. *Electrical World*, t. XL, p. 408-409, 13 septembre 1902. — Si l'on approche un barreau aimanté d'un arc à courant alternatif, cet arc paraît se diviser en deux ailes, l'une à droite, l'autre à gauche du barreau. Ce phénomène est dû l'action du champ magnétique sur les courants de directions opposées qui circulent alternativement dans l'arc. Si l'on divise un des charbons en deux, reliés à chacune des ailes ainsi formées, on constate dans chacun des circuits ainsi obtenus l'existence d'un courant continu ou ondulé, et ces courants sont de sens contraire. P. L.

Charbons pour lampes à arc, Siemens et Cie. Brevet français n° 315 445, communiqué par l'*Office H. Boettcher*, 2, boulevard Bonne-Nouvelle. — Les charbons sont additionnés d'une matière qui augmente le pouvoir éclairant et donne à la lumière une coloration agréable. Les matières employées jusqu'à présent doivent être ajoutées en assez grande proportion ; il en résulte une formation de scories entrainant des complications ; de plus, il est difficile dans ces conditions d'obtenir la fixité de l'arc ; enfin l'emploi de ces matières ne permet pas de se servir de lampes à arc dans des locaux ou habitations en raison d'un certain dégagement de fumée et de la dispersion de poussières provenant de la volatisation. Le fluorure de strontium évite ces inconvénients ; même en quantité minime ce corps donne des résultats remarquables. On peut substituer le fluorure de strontium à une partie du verre de la pâte formant la mèche de certains charbons, ou encore on peut incorporer le fluorure dans l'enveloppe formant la gaîne du charbon. Le fluorure de strontium procure une lumière rose extrêmement douce et agréable tandis que la lumière jaune obtenue par l'addition de calcium produit des effets très désagréables et donne notamment au teint un aspect livide. D'autre part l'emploi du fluorure de strontium réduit au minimum la formation de scories et le dégagement de fumée ; la fixité de l'arc est par suite assurée.

Electrochimie.

Electrodes Le Roy pour appareils d'électrolyse et accumulateurs. Brevet français n° 314 697, communiqué par l'*Office H. Boettcher*, 2, boulevard Bonne-Nouvelle. — On peut obtenir rapidement et économiquement des électrodes légères et inattaquables aux acides en employant un alliage de silicium et de fer. Le ferro-silicium est obtenu au moyen d'un four électrique à la sortie duquel il est coulé dans des moules lui donnant la forme de plaques, tiges ou lames. Le produit démoulé est d'une homogénéité parfaite et on peut en éliminer le fer en lui conservant une compacité régulière et une grande résistance. L'élimination du fer est obtenue par une immersion prolongée du ferro-silicium dans une solution acide. L'objet retiré de la solution est poreux et la porosité est plus ou moins grande suivant la proportion de fer qui existait dans le ferro-silicium employé. Les électrodes ainsi obtenues sont absolument inattaquables aux acides et présentent dans leur application à l'électrolyse, l'avantage de ne pas se déliter comme les agglomérés de charbon actuellement employés. Comparé au platine le silicium pur a un poids spécifique environ 20 fois moindre, ce qui permet d'obtenir, à poids égal, une surface active bien plus grande. Le mode de fabrication indiqué pour les électrodes peut être employé pour l'obtention de plaques d'accumulateur ; on constitue ainsi des grilles ou supports de matière active, d'un poids cinq fois plus léger que celui des supports en plomb. En partant d'un ferro-silicium très riche en fer, on obtient des plaques d'une porosité telle, que la matière active peut y être déposée par voie électrolytique.

Mesures.

Sur l'emploi des wattmètres dans les distributions triphasées, par Charles Brandeis. *Electrical World*, t. XXXIX, p. 474, 15 mars 1902. — Quand on se sert de deux wattmètres seulement pour la mesure de la puissance dans une distribution triphasée, les deux instruments se partagent inégalement la charge si le circuit est inductif. L'auteur trace des courbes qui permettent de déterminer, pour différents facteurs de puissance, la capacité qu'il convient de choisir pour chacun d'eux. Il donne un exemple d'application. P. L.

Tome XXXIII Samedi 29 Novembre 1902. 9e Année — N° 48

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

SOMMAIRE

Adresser tout ce qui concerne la Rédaction à M. J. BLONDIN, 171, Faubourg Poissonnière (9e arrondissement).
M. BLONDIN reçoit, 3, rue Racine, le jeudi, de 2 à 4 heures.

NOUVELLES ET ÉCHOS

Sur la législation des chutes d'eau. — A la séance du 7 novembre de la Société des Ingénieurs civils, M. Pinat, directeur des Forges d'Allevard, a retracé les travaux du Congrès de la Houille blanche, qu'il a présidé avec tant d'autorité et de dévouement. Cette intéressante conférence, dans laquelle l'orateur a résumé les diverses communications faites à la Section économique du Congrès (voir *Écl. Élect.*, t. XXXII, p. CL, 13 septembre, t. XXXIII, p. VI et LXXXI, 4 oct. et 8 nov. 1902), a été suivie d'une discussion sur la législation des chutes d'eau, à laquelle ont pris part M. Richou et M. Guillain. Nous donnons ci-dessous, d'après le procès-verbal de la séance, le résumé des arguments développés par les deux conférenciers :

M. G. Richou rappelle d'abord le 2e et le 3e vœux votés par la Section Economique du Congrès de la Houille blanche (voir *Ecl. Elect.*, t. XXXIII, p. XXXIV, 18 oct. 1902), vœux qui protestent implicitement contre toute législation nouvelle qui soumettrait la création des forces hydrauliques à l'arbitrage administratif.

Il indique ensuite les dispositions de principe basées sur le système de la concession conçue en matière de travaux publics, que contient le projet du Gouvernement, déposé le 6 juillet 1900, pour combler les lacunes de la législation existante (*Ecl. Elect.*, t. XXXIII, p. LIII, 25 oct. 1902) ; elles édictent la dépossession des riverains sans leur accorder d'indemnité en cas de non-usage antérieur de leur droit de co-usagers, ainsi que l'expropriation des installations déjà existantes, si elles augmentent la force qu'elles emploient. Il explique que la concession des chutes à créer ou des chutes expropriées ne sera accordée : 1° qu'à titre temporaire, la concession ne devant pas être perpétuelle ; 2° qu'à titre aléatoire, l'Etat se réservant le droit de rachat à partir d'un certain délai, et celui de déchéance si une seule des clauses de la concession n'est pas remplie ; 3° qu'à titre onéreux, soit par l'obligation de consacrer une partie des forces créées à un ou à plusieurs services publics, soit par l'imposition de redevances financières ou de participation à des travaux divers.

M. Richou fait ressortir les graves inconvénients que présente ce projet, en fournissant un précédent pour la *nationalisation* des moyens de production, et en spoliant certains riverains de leurs droits de co-usagers. Puis il insiste sur les dangers, non moins sérieux, qu'il doit faire courir à l'industrie des forces hydrauliques par le caractère temporaire, aléatoire et onéreux qu'il imprimerait aux concessions, comme il a été dit plus haut (voir aussi à ce propos la communication de M. Neyret à la section économique du Congrès. (*Ecl. Elect.*, t. XXXIII, p. LXXXII, 8 novembre.)

M. Richou démontre, sommairement, que l'arbitraire administratif règnerait souverainement dans l'application, que, par le défaut de concession perpétuelle et la menace du rachat, il empêcherait l'exploitant de développer ses moyens d'action ; qu'il lui imposerait, comme cela a été fait pour la concession de Jonage, des participations à des travaux coûteux et entièrement inutiles à son industrie ; qu'il tendrait, ainsi que cela a été pratiqué pour la même concession, à édicter la revision des prix de vente de la force hydraulique, condition incompatible avec des traités de fourniture à longue échéance, etc., etc. Il s'élève enfin contre la réglementation extraordinaire qui menacerait les usines existantes, de ne pas augmenter, même d'une unité, l'importance de leur chute, sous peine d'être expropriées, et contre les difficultés de la situation qui serait faite aux propriétaires des usines d'utilisation après le retour à l'Etat, en fin de concession, des usines génératrices.

M. Richou rend hommage à l'esprit plus libéral qui a dicté les dispositions du projet de la Commission parlementaire, dû à M. Guillain, ancien ministre. Mais, avec la grande majorité des membres du Congrès, il ne croit pas pouvoir s'y rallier, parce qu'il est, comme le précédent, basé sur le système de la concession qui, même atténué dans ses conséquences de détail, lui semble inacceptable.

M. Richou estime que si l'on doit ajouter à la législation existante, c'est tout au plus dans les limites fixées par le projet de M. Michoud (voir *Ecl. Elect.*, t. XXXIII, p. LXX, 1er novembre), qui lui paraît de nature à concilier les droits de l'Etat, ceux des riverains et ceux de l'industrie, en laissant à cette dernière le plus de liberté possible. Mais il préférerait le *statu quo* à toute législation nouvelle basée sur l'arbitraire administratif, qui aurait pour résultat de paralyser l'industrie des forces hydrauliques et celles qui en dérivent.

M. Richou montre, à cet effet, que, quoi qu'on en dise, les lacunes de la législation actuelle n'ont pas élevé d'obstacles bien sérieux à la création des usines hydrauliques. Depuis sept à huit ans, en effet, il s'est créé, dans la région alpine seulement, une trentaine d'installations dont la puissance totale dépasse 150 000 ch. La rivière de la Romanche, notamment, a été aménagée sur plus de 30 km, entre Bourg-d'Oisans et Vizille, et fournit plus de 30 000 ch. Si ces chiffres n'ont pas été dépassés, ce n'est ni aux *barreurs*, ni aux *pisteurs de chutes* que l'arrêt est imputable, mais bien plutôt à la difficulté de trouver

des débouchés pour les forces motrices et aux insuccès rencontrés dans certaines industries qui s'étaient établies pour les utiliser. M. Richou cite, à cet égard, l'exemple typique des projets d'aménagement du Drac (voir *Écl. Élect.*, t. XXXIII, p. 82, 18 octobre 1902), sur une longueur de 75 km pour un ensemble de chutes capables de fournir 30 000 ch, projets pour lesquels toutes les questions de propriété riveraine ont pu être réglées à l'amiable et qui n'attendent, en dehors de l'approbation administrative, que des concours financiers pour être mis à exécution.

Ces considérations démontrent que l'utilisation intensive de la houille blanche se heurte, dès ses débuts, à la difficulté des débouchés. Elles confirment M. Richou dans la pensée qu'il ne faut imposer à l'industrie des forces hydrauliques, sous peine de l'arrêter dans son essor, que le minimum de charges compatible avec la liberté et la sécurité qui lui sont indispensables pour vivre et pour prospérer.

M. Guillain est complètement d'accord avec MM. Pinat et Richou, pour combattre, très énergiquement, les idées qui ont présidé au projet du Gouvernement. Il croit, en effet, que c'est une conception funeste aux intérêts de l'industrie, que de soumettre au régime de la concession de travaux publics l'utilisation de toutes les chutes d'eau. Le Gouvernement y a été conduit par ce fait qu'il a trouvé que le projet préparé par la Commission parlementaire, qui instituait pour les concessions d'usines privées une sorte de propriété comme celle des mines, conduisait à une complexité de précautions qui risquait, suivant lui, de rendre le travail d'appréciation du Parlement beaucoup plus difficile ; et il s'est arrêté à une idée plus simple, mais fausse : il a voulu soumettre au même régime les usines affectées à des services publics et les usines industrielles. Il les a toutes asservies simultanément sous le régime de la domanialité.

Pour faire comprendre pourquoi il n'est pas complètement de l'avis de MM. Pinat et Richou, tout en procédant des mêmes principes de liberté industrielle et commerciale, M. Guillain croit bon de rappeler les précédents.

Il montre l'antagonisme qui a existé, dès le début, entre les *pisteurs*, à l'affût de toutes les chutes d'eau pouvant être exploitées, et les *barreurs de chutes*, qui cherchaient à tirer profit de cette industrie nouvelle en acquérant des parcelles indispensables à l'exploitation des ouvrages, empêchant ainsi l'utilisation fructueuse des chutes. C'est ce conflit qui a fait que l'Etat a été incité à intervenir.

Or, quand on fait appel à l'Etat, on ne sait jamais où il arrêtera ses exigences.

Le Gouvernement saisit la Chambre d'un projet de loi, inique, en ce sens qu'il ne tenait aucun compte des droits acquis et qu'il poussait l'Etat à s'approprier, sans indemnité, les droits de riveraineté non encore exercés, et à entraver, sous forme fiscale, le développement de l'industrie.

La Commission parlementaire nommée pour examiner la proposition de loi de M. Jouart avait une autre idée. Certes, elle était décidée, avant tout, à ne pas gêner l'industrie ; mais elle se rendait bien compte que, du moment que la question serait posée devant le Parlement, les solutions étatistes auraient grande chance de prévaloir. Aussi elle a choisi le moindre mal, en adoptant la solution de la concession et en cherchant à rendre ce système aussi libéral, aussi compatible que possible avec les exigences industrielles.

Du reste, M. Guillain croit que M. Richou, qui disait que la solution qui convenait le mieux était de ne rien faire, sera satisfait, car suivant lui, il s'écoulera un temps assez long avant qu'une solution intervienne.

On se trouve donc en présence de deux systèmes : celui que l'on peut appeler le système de Grenoble, qui consiste à remettre aux propriétaires eux-mêmes l'avantage qui peut résulter de l'agglomération de leurs droits, rendue toujours possible par la puissance publique, et le système de la concession qui a pour objet de faire profiter la communauté du supplément de valeur que cette agglomération donne à la chute d'eau.

L'agglomération des droits des riverains en un seul droit unique a pour effet d'augmenter la valeur économique de la chute d'eau. Entre dix moulins qui auraient chacun une chute de 1,50 m et une seule usine qui aurait une chute de 15 m, il y a une différence économique considérable pour le même débit. Lorsque les propriétaires peuvent s'entendre pour réunir leurs droits, lorsqu'ils ne demandent à l'Etat aucun pouvoir nouveau, lorsque l'agglomération de leurs droits résulte de leur commune volonté, il n'y a aucun motif pour que l'Etat s'occupe de leurs affaires. C'est un principe sur lequel on est d'accord aujourd'hui. Donc, qu'on les laisse tranquilles ; qu'on les laisse user librement de l'ensemble des droits qu'ils tiennent individuellement de l'article 644. Mais si les propriétaires ne peuvent pas s'entendre et s'ils ont recours à la puissance publique, si la puissance publique intervient pour leur donner un pouvoir nouveau, naturellement elle leur fait payer ses ser-

vices. Ç'a été l'origine de l'idée de concession : la puissance publique intervenant pour permettre aux droits individuels de s'agglomérer en un droit unique qui aura une valeur économique plus grande, et faisant payer au profit de la communauté le supplément de valeur de cette puissance qu'elle a contribué à donner à la chose.

Dans le projet du Gouvernement, la puissance publique prend tout; dans le projet de la Commission parlementaire, la puissance publique ne réclame pas grand'chose, car le concessionnaire aura l'obligation de désintéresser tous les propriétaires riverains, d'abord de la valeur des installations qu'ils auront faites pour utiliser la chute d'eau, et ensuite de leurs droits de riveraineté, même non encore exercés. M. Guillain est convaincu qu'en se plaçant au point de vue des propriétaires, le système de la concession tel qu'il l'entend présente plus d'équité que le système de la licitation exposé par M. Pinat.

On a reproché au système de la concession de laisser le choix du concessionnaire à l'arbitraire complet de l'Administration. Dans la Commission parlementaire, on a cherché à échapper à ce reproche, en laissant ce choix à une décision du Conseil d'Etat, qui a déjà donné, dans le passé, de grandes garanties d'impartialité, et qui pourra en offrir encore plus, quand le Parlement l'aura investi d'un droit souverain d'appréciation, lorsqu'il fonctionnera comme Tribunal.

Reste l'autre reproche, celui de laisser le concessionnaire dans une sorte de précarité par la clause de rachat et de déchéance.

M. Guillain croit que la clause de déchéance peut être limitée à des cas très nettement déterminés par la loi. La déchéance n'est pas une confiscation ; c'est la vente, par voie administrative, de la concession, au profit du concessionnaire, lorsque ce concessionnaire se montre inapte à en tirer parti.

Pour le rachat, il vaudrait peut-être mieux, dans l'intérêt d'une liberté industrielle complète, ne pas prévoir de clause; il vaudrait mieux faire de la concession de force hydraulique une propriété aussi complète que possible, librement transmissible ayant le caractère complet de perpétuité, n'ayant pas un terme déterminé. Mais il faut tenir compte d'une considération qui aura toujours une grande influence sur les déterminations du Parlement : ce sont les idées d'avenir, dont parlait M. Pinat tout à l'heure. Lorsqu'on fera valoir au Parlement que, dans un avenir plus ou moins éloigné, l'Etat pourra regretter d'avoir donné la concession, soit qu'il se soit trompé sur l'importance du cours d'eau, soit que, par épuisement ou grande cherté de la houille, la force hydraulique prenne une valeur inappréciable, l'Etat hésitera à constituer une propriété incommutable. Aussi M. Guillain croit que l'on ne parviendra jamais à faire adopter par le Parlement l'idée de propriété perpétuelle, et que, pour éviter la concession à terme, il vaut mieux une autre solution. Cette solution est que la concession, bien que propriété libre et transmissible, serait, à certaines périodes, soumise de la part de l'Etat, à une faculté de rachat pour sa valeur actuelle, c'est-à-dire pour la somme qu'il faudrait dépenser au moment du rachat pour acheter les droits de riveraineté, et exécuter les ouvrages tels qu'ils se comportent. La Commission

a préféré cette clause de rachat à des époques déterminées au système du Gouvernement; elle a pensé qu'il fallait que l'Etat fut obligé de payer la valeur de l'usine, afin de diminuer son désir d'en évincer le concessionnaire. De plus, la Commission a stipulé, dans le projet de loi, que tous les usagers, tous les abonnés de la chute d'eau, conserveraient une sorte de servitude d'usage, sous la condition de leurs contrats pour l'utilisation de l'énergie de la chute, en d'autres termes; que les établissements industriels alimentés par la chute d'eau devaient continuer, après le rachat comme avant, à être alimentés par la chute d'eau. Les abonnés n'auraient donc plus la précarité; et comme l'Etat serait obligé de produire autant qu'auparavant, il ne racheterait la chute qu'autant qu'il y aurait intérêt à produire une plus grande quantité d'énergie. Donc, en pratique, si le projet de la Commission devenait loi de l'Etat, la clause de rachat s'appliquerait en réalité très rarement.

Pour se résumer, M. Guillain croit donc, en premier lieu, qu'il s'écoulera un assez long temps pendant lequel l'article 644 régira la question. En second lieu, quelque séduisant que soit le projet de M. Pinat et de M. Michoud, il n'a pas de chance d'être adopté par le Parlement, parce qu'il met l'Etat au service des propriétaires actuels, pour leur faire augmenter leur pouvoir; tandis que le système de la concession est destiné à faire profiter la communauté du supplément de pouvoir que le propriétaire de la chute pourra tirer de la nouvelle loi. En troisième lieu, il faut remarquer que, dans le système de la concession, il y a deux catégories : le projet de l'Etat qui est la nationalisation de l'industrie hydraulique, et le projet parlementaire, qui laisse à l'industrie toute la liberté dont elle a besoin.

Mais M. Guillain croit également qu'il ne faut pas se hâter, qu'il est bon de laisser mûrir la question, et que tout ce que l'on doit demander au Gouvernement, c'est de laisser dormir le projet de ses prédécesseurs et d'attendre les observations qui pourront se produire, avant de faire un nouveau projet.

Secteur de la place Clichy. — Du rapport présenté par le Conseil d'administration à l'assemblée générale du 30 octobre 1902, nous extrayons les quelques renseignements qui suivent :

Tout d'abord le rapporteur expose les préoccupations de la Société à mettre des sommes importantes à la réserve et à l'amortissement en prévision de la fin de la concession qui expire en 1907, puis il ajoute : « Une période plus longue pour l'amortissement de nos installations nous permettrait d'abaisser nos tarifs, mais il est bon que l'on sache dès à présent que nous ne pourrons accepter aucune modification onéreuse aux clauses de notre traité, à moins d'obtenir de sérieuses compensations. Ce serait en effet une erreur de croire que nous pourrions consentir purement et simplement des réductions de quelque importance sur nos tarifs. Notre exploitation dans Paris est chère, nous avons de lourds impôts et redevances. En outre, nous sommes loin d'avoir les avantages des Compagnies desservant d'autres capitales. En dehors des charges de toutes natures qui, chez nous, sont excessives, il est bon de faire remarquer que les usines de Berlin qu'on nous oppose souvent, ont le grand avantage d'avoir à fournir le courant aux tramways électriques pendant environ vingt heures par jour, grâce au système de trôlet autorisé là-bas et interdit chez nous. Leurs derniers rapports indiquent que sur l'ensemble de la production électrique de Berlin :

les tramways prennent.	57 p. 100
la force motrice	22 »
et l'éclairage seulement.	21 »
	100 p. 100

Pour notre secteur, au contraire, dans l'année qui vient de finir, nous n'avons rien pour tramways. La force motrice (y compris le chauffage et la charge des automobiles) représente 16 p. 100 et l'éclairage 84 p. 100. Il saute aux yeux qu'il est impossible de comparer les deux villes pour l'établissement de leurs tarifs d'éclairage. »

L'emploi de l'électricité pour l'éclairage s'est beaucoup plus répandu à Paris que partout ailleurs en Europe; ainsi Berlin n'a que 7 629 abonnés, tandis que les 6 secteurs de Paris en ont ensemble plus de 30 000, dans lesquels le secteur de la place Clichy entre pour 7101.

Depuis son installation, le développement de ce secteur a suivi une progression toujours croissante. Ainsi pour les branchements et colonnes montantes, les augmentations ont été de 190 et 118. Le nombre des compteurs en service chez les abonnés était, au 30 juin 1902, de 7 101 au lieu de 6 416 l'an dernier. Le nombre des ascenseurs est passé de 424 à 451, dont 233 purement électriques, 67 mixtes et 151 mixtes par compensateur. Le chauffage électrique présente peu d'accroissement à cause de son prix relativement élevé. Il représente 2 834 lampes de 10 bougies au lieu de 2 573 lampes l'an dernier. La charge des automobiles a représenté cette année une recette

de 93 170,05 fr contre 87 176,80 fr l'année dernière. Le nombre de polices en service a augmenté de 779; il était de 7 113 au 30 juin. Le nombre de lampes installées réduites en lampes de 10 bougies est actuellement de 339 510 en augmentation de 34 045 sur l'année dernière; il y en a 335 682 consacrées à l'usage privé qui ont rapporté 3 891 973,35 fr, soit une moyenne de 11,59 fr par lampe.

Les travaux neufs pendant l'exercice se sont élevés à 1 784 499,50 fr; ils comprennent la construction des nouveaux bureaux, l'achat d'une batterie d'accumulateurs, le matériel de transformation du courant d'Asnières et enfin 2 461,84 m de lignes de distribution ainsi que 2 466 m de feeders courant continu. Au 30 juin le réseau s'étendait sur 100,528 km et comportait une longueur de câble de 576 103,90 m. Parmi les autres dépenses nous mentionnerons seulement celles dues aux accidents de travail, à la caisse des malades, aux secours et dons. Rappelons encore que la Société fait participer ses employés à tous les degrés aux bénéfices de l'entreprise et qu'elle a établi un institut d'épargne à la disposition de son personnel. La somme déposée au 30 juin 1902 s'élevait à 53 496,40 fr.

La détail du compte de profits et pertes est résumé dans le tableau suivant.

Jetons des administrateurs, 4 p. 100 sur 2982910,40 fr.		119316,40
Rémunération des commissaires des comptes		1200 »
Intérêts des obligations	329550,60	
Intérêts divers	60502 »	
Ensemble	390052,60	
Dont à déduire les intérêts des valeurs en portefeuille	206399,65	183652,95
Participation de la ville de Paris		208048,05
Participation du personnel dans les bénéfices		98958,35
Perte subie sur matériel revendu		192068,15
Dépréciation du réseau		1000000 »
Solde créditeur		1244426,15
		3047670,05
Produit brut de l'exploitation :		
Eclairage public et municipal	134793,35	
Eclairage privé	3891973,55	4661933,40
Recettes diverses	635166,50	
Dépenses de l'exploitation	1201705,10	
Courant d'Asnières	477317,90	1679023 »
Produits nets de l'exploitation		2982910,40
Bénéfices sur valeurs réalisées		64759,65
		3047670,05

Sur le solde créditeur de 1 244 426,15 fr on a prélevé :

Pour le fonds de réserve	24 990,95 fr.
Une somme égale à 5 p. 100 de 1 244 426,15 fr	62 221,30 »
Amortissement	697 213,90 »
Intérêt à 5 p. 100	300 000,00 »
Total	1084 426,15 fr.

Il reste un excédent de 160 000 fr dont 75 p. 100 ont été distribués aux actionnaires et 25 p. 100 au Conseil d'administration. L'actif au 30 juin 1902 s'élève à 22 352 326,80 fr. B. K.

LITTÉRATURE DES PÉRIODIQUES ET BREVETS

L'Office de renseignements techniques fondé par l'Association amicale des Ingénieurs Electriciens, (11, rue Saint-Lazare-IXe), se charge de procurer aux abonnés de *L'Éclairage Électrique*, avec réduction sur les tarifs ordinaires, les publications périodiques et le texte ou la traduction des articles relatifs à l'électricité et aux industries qui s'y rattachent.

Théorie.

Sur un problème d'électrostatique, par E. Almansi. *Il nuovo Cimento*, t. IV, p. 81, août 1902. — L'auteur étudie comment se distribue l'électricité, primitivement à la surface d'un conducteur C, lorsqu'on met au contact un très petit conducteur *c*. C'est le problème auquel est rattaché la détermination de la densité électrique en un point de C par la méthode dite du plan d'épreuve. — Si *e* est la quantité d'électricité qui passe sur *c* et *h* la densité primitive au point de contact sur C, on sait que le rapport $K = \frac{e}{h}$ dépend seulement de la nature géométrique de *c* et du point de contact. Almansi en donne une nouvelle démonstration. Appliquant le calcul au cas où le petit conducteur *c* est constitué par une demi-sphère, il obtient assez simplement le résultat énoncé par Beltrami.

Recherches sur les propriétés électriques du diamant, par Alessandro Artom. *L'Elettricista*, t. XI, p. 185, 1er août 1902. — L'auteur a exécuté des mesures électriques sur un grand nombre de diamants, soigneusement choisis parmi les plus purs et dont il avait vérifié la densité et la parfaite transparence aux rayons de Rœntgen. Les expériences ont été, pour la plupart, faites sur des lames taillées assez régulièrement pour que l'on puisse déterminer leurs dimensions avec exactitude. — La résistance électrique a été déterminée par la mesure de l'intensité du courant à 1 000 volts. Les nombres trouvés pour la resistivité varient de $0,2 \times 10^{12}$ ohm-cm. à $1,3 \times 10^{12}$ ohm-cm. Ces valeurs sont de l'ordre de grandeur de celle du verre ; tandis que pour le graphite on a de 500×10^6 à 2000×10^6 ohm-cm. — Sous l'influence des rayon X, la resistivité diminue environ de moitié, mais elle reprend sa valeur primitive dès que l'action des rayons X a cessé. — Pour mesurer la constante diélectrique, Artom a dû réunir en parallèle divers condensateurs à lame de diamant. La mesure a été faite à force électromotrice constante en évaluant la quantité d'électricité avec un galvanomètre balistique. Avec les forces électromotrices alternatives, l'auteur a employé la méthode de Gordon. — Les lames de diamant présentent d'une manière très nette les phénomènes de polarisation résiduelle. L'absorption de la charge est rendue évidente par l'attraction des corps légers, même quand on a communiqué au diamant de faibles charges par frottement. Le diamant s'électrise fortement par frottement contre les surfaces métalliques. — Lorsque l'on communique au condensateur de diamant une charge élevée, on observe, dans la

courbe de décharge, une polarisation résiduelle de plus d'un tiers de la valeur initiale, au bout de 30 secondes d'isolement. — Les valeurs trouvées pour la constante diélectrique du diamant varient de 10 à 17. La valeur 16 est une des plus fréquentes. Ce nombre est assez supérieur au carré de l'indice de réfraction qui est environ égal à 7. — Les expériences ayant révélé le phénomène de polarisation résiduelle à un degré assez élevé, l'auteur a cherché si le diamant ne présente pas aussi les phénomènes d'hystérésis électrotastique. La perte d'énergie qui en est la conséquence n'est pas suffisamment mesurable, ni par les méthodes calorimétriques, ni à l'aide de la détermination par points de la courbe de charge en fonction des potentiels variant suivant un cycle fermé. Artom a utilisé le champ électrique tournant : le diamant taillé en forme symétrique est suspendu dans ce champ tournant; on observe la rotation; celle ci change de sens avec le champ. Il résulte de ces expériences que les déviations, à égalité du champ, sont moindres que pour l'ébonite et pour le verre ; la dissipation d'énergie par hystérésis électrostatique est donc moindre pour le diamant que pour l'ébonite et le verre. — Les phénomènes de piézo-électricité sont rares et à peine sensibles ; les phénomènes de pyro-électricité sont au contraire fréquents, néanmoins on ne les observe pas d'une façon générale. — Le diamant est faiblement magnétique. Après avoir été soumis au champ magnétique, il conserve pendant un temps assez long ses propriétés magnétiques à un degré très sensible. G. G.

Recherches de radioactivité induite, par A. Sella. *Il Nuovo Cimento*, t. IV, p. 131, août 1902. — A. Sella avait annoncé (*Il Nuovo Cimento*, t. III, p. 138, février 1902. — *L'Eclairage Electrique*, t. XXXI, p. CLXIV, 21 juin 1902) que l'on peut rendre radioactif un corps métallique relié à un pôle d'une machine statique, vis-à-vis duquel sont placées des pointes reliées à l'autre pôle et cela que le corps soit électrisé positivement ou négativement. Dans ses nouvelles expériences, il se sert d'une lame métallique et normalement à celle-ci il place trois aiguilles dont les pointes sont tournées vers la lame. Pour mesurer l'activité acquise, on met la lame en communication avec un pôle d'une batterie dont l'autre pôle est à la terre et l'on place vis-à-vis une toile métallique communiquant avec un couple de quadrants d'un électromètre, dont l'autre couple est à la terre, et dont l'aiguille est maintenue à potentiel constant. On mesure le temps nécessaire pour que cette toile, primitivement au sol, soit chargée à un potentiel donné. — L'auteur établit que la radioactivité produite dépend d'un état préexistant dans l'air même, comme la radioactivité obtenue par d'autres physiciens avec les corps négatifs (Elster, Geitel et Rutherford). Pour observer des actions plus sensibles, il opère d'abord en présence d'oxyde de thorium. — En opérant ainsi en présence de cet oxyde dans une enceinte de 30 dm³, qui a été fermée et laissée en repos pendant 16 heures, et en électrisant la lame et les pointes pendant une demi-heure, on observe les mêmes phénomènes qu'à l'air libre, mais l'action est encore 10 fois plus intense. Mais si on électrise la lame peu de temps après que l'enceinte a été fermée ou que l'on en a renouvelé l'air, on obtient une action beaucoup plus grande quand la lame est négative que lorsqu'elle est positive, mais l'action la plus forte est encore 15 fois plus faible environ que l'action précédente. — En opérant à l'air libre, avec une lame de zinc poli, par exemple, on observe au bout de quelque temps une altération de la surface, une oxydation, sans doute. Cette altération offre l'aspect des figures de Kundt. L'auteur a vérifié que la radioactivité est précisément produite dans les parties de la lame où a eu lieu l'altération superficielle, c'est là qu'a lieu l'échange d'électricité entre la surface métallique et l'air. Les particules actives contenues dans l'air s'électrisent au voisinage des pointes, sont ensuite lancées sur la lame et s'y fixent. La figure radioactive s'obtient aussi bien si les pointes sont positives que négatives ; par suite, la petite charge positive propre des particules émanées de l'oxyde de thorium n'entre pas en jeu. On peut supposer que les particules actives étant dans une enceinte fermée au lieu d'être à l'air libre, s'agglomèrent, et ces aggrégats se comportent ensuite comme des particules de fumées en suspension. — Comme vérification de cette hypothèse, l'auteur montre qu'en plaçant deux systèmes (lames et pointes) dans une même enceinte, et en actionnant pendant de cours instants l'un des systèmes, l'air est purifié et l'effluve agissant sur le deuxième système ne produit plus de radioactivité. Le fait de la purification immédiate de l'air résulte encore de ce que, pour activer une lame, il suffit d'une durée d'effluves très faible, un quart d'heure ne produit pas plus d'action qu'une minute. — L'auteur indique comme nouvelle preuve à l'appui, l'action obtenue en filtrant l'air à travers une ouate qui devient active. — Ces expériences ont servi d'indication pour l'étude des phénomènes présentés par l'air atmosphérique, sans la présence d'oxyde de thorium. Les résultats sont analogues, mais de bien moindre intensité. — L'activité produite dans l'atmosphère n'est pas capable de donner des images photographiques des figures de Kundt, parce qu'elle décroît très rapidement. — Avec l'air filtré, on observe que la ouate perd rapidement ses propriétés, beaucoup plus vite que lorsqu'il contenait des émanations thoriques. Cette différence, qui se retrouve constamment, lorsque l'on compare les corps rendus actifs avec l'air ordinaire et avec l'air pourvu artificiellement d'émanations thoriques, est très caractéristique ; malgré toutes les analogies, il existe une différence profonde. — L'auteur cite, en terminant, des expériences dans lesquelles il a observé la radioactivité sur l'électrode négative en électrolysant une solution d'azotate de thorium. Cette radioactivité est temporaire, elle décroît avec le temps. G. G.

Sur les phénomènes produits par une flamme dans un champ électrostatique alternatif, par G.-C. de Rossi et A. Sella. *Il Nuovo Cimento*, t. IV, p. 94, août 1902. — La flamme maintenue par un support isolé est placée entre deux disques métalliques disposés verticalement vis-à-vis l'un de l'autre et reliés aux bornes du secondaire d'un Ruhmkorff, dont le primaire est parcouru par

un courant alternatif. La flamme est mise en communication avec le sol par l'intermédiaire de la bobine d'un galvanomètre. Le plus grand nombre des flammes expérimentées donnent lieu à un courant positif de la flamme au sol; quelques-unes ne donnent pas de courant, une seule, la flamme du phosphore, donne un courant négatif. Il semble résulter de ces expériences et des contrôles qui ont été faits par les expérimentateurs que, pour les flammes qui donnent lieu à un courant positif, les ions négatifs ont en dehors de la flamme une vitesse plus grande que les ions positifs. Pour les flammes qui ne donnent lieu à aucun courant, les vitesses sont les mêmes pour les deux sortes d'ions mais elles sont de beaucoup inférieures aux précédentes. Les auteurs n'ont pu observer d'influence de la complexité de la molécule sur le phénomène.

Un essai d'explication théorique qui rend assez bien compte des phénomènes observés termine le mémoire avec l'exposé des déformations que subit la flamme dans un champ alternatif et dans un champ électrostatique courant. G. G.

Génération et Transformation.

La turbine à vapeur au point de vue commercial, par E.-H. Sniffin. *Electrical World,* t. XL, p. 623, 18 octobre 1902. — Communication lue à la réunion de l'« American Street Railway Association » à Detroit (États-Unis). L'auteur compare les turbines aux machines à vapeur ordinaires au point de vue des frais d'installation et d'exploitation. Des unités de 400 kilowatts seulement peuvent ne consommer que 6,5 kg de vapeur par cheval-heure effectif et, dans un exemple récent, on a garanti une consommation de 5,2 kg de vapeur par cheval-heure électrique, pour une turbine de 750 kilowatts. En outre, une charge variable n'est pas incompatible avec un fonctionnement très économique. L'encombrement de la turbine est 80 p. 100 de celui de la machine verticale, 40 p. 100 de celui de la machine horizontale. Au point de vue du volume des matériaux de fondation nécessaires, l'avantage est plus marqué encore : le rapport de ces volumes pour la turbine et la machine verticale est de 1 : 9; pour la turbine et la machine horizontale, de 1 : 15 (on compare des unités de 1 000 kilowatts). Le prix du bâtiment des machines est sensiblement le même pour le type vertical et le type horizontal : il est moindre de moitié pour la turbine; aussi a-t-on pu, dans plusieurs cas que rapporte l'auteur, accroître la puissance d'une installation sans agrandir le bâtiment des machines. Quant à la turbine elle-même, son prix n'a rien d'excessif; elle a même encore l'avantage sous ce rapport, si l'on prend un juste point de comparaison. L'article se termine par l'énumération de quelques turbines de grande puissance (jusqu'à 5 000 kilowatts) actuellement en cours de construction pour des stations centrales d'électricité. P. L.

Le nouveau moteur à pétrole Diesel. *American Electrician,* t, XIV, p. 471-474, octobre 1902. — Le moteur Diesel a, depuis son origine, subi quelques changements qui ont eu pour effet de modifier son diagramme de fonctionnement : d'abord, pour éviter une élévation excessive de la pression, l'expansion produite par la chaleur de combustion se fait à pression à peu près constante et non plus à température constante; ensuite la période de détente, reconnue trop longue, a été abrégée. D'autre part, on a fort amélioré la machine en simplifiant sa construction. Sous sa forme nouvelle, le moteur Diesel peut, dit-on, s'alimenter au pétrole de la dernière qualité. Quatre traits principaux distinguent cet appareil de tous les autres moteurs à pétrole et à gaz: 1° la température nécessaire à l'allumage du gaz est atteinte par la compression mécanique seule; 2° on injecte le combustible seulement après l'achèvement de la compression, et seulement pendant la première partie de la course motrice; il n'y a donc aucun mélange détonant dans le cylindre avant le commencement de la course motrice et aucun allumage prématuré n'est possible; 3° on introduit le combustible graduellement dans l'air porté à une haute température et chaque goutte brûle immédiatement, de sorte qu'il n'y a pas d'explosion, tandis que la période d'injection et la quantité de combustible injecté sont fixées avec précision par le régulateur; 4° enfin le réglage s'effectue pendant la période à quatre temps de l'action thermo-dynamique et chacune de ces périodes comprend une course motrice. L'article est accompagné de dessins montrant la construction de l'appareil. On construit des moteurs à deux cylindres jusqu'à 200 chevaux. P. L.

Quelques considérations sur le calcul des dynamos, par L. Pasqualini. *L'Elettricista,* t. XI, p. 221, septembre 1902. — Pasqualini, après avoir rappelé la diversité des méthodes employées pour fixer les dimensions des induits des générateurs, considère comme primordiale la condition que, à égalité des autres circonstances, le volume de fer de l'induit soit minimum. Ce minimum correspond en effet à la moindre perte par hystérésis et à la plus grande légèreté ainsi qu'à l'économie dans la construction de la machine. Partant de cette condition, il arrive à des résultats bien déterminés et simples, lorsque l'on considère comme données les quantités habituelles suivantes : Force électromotrice; intensité de courant; vitesse de rotation; perte par effet Joule dans l'induit; nombre de pôles; nombre de lames du collecteur; densité de courant; induction magnétique dans le fer. G.

Sur le calcul des alternateurs, par Guido Grassi. *L'Elettricista,* t. XI, p. 209, 1[er] septembre 1902. — L'auteur a exposé à la section de Turin de l'Association Électrotechnique Italienne (*Atti dell' Ass. Elett. Italiana,* t. V, fasc. 2[e]), un procédé de calcul des dimensions d'un alternateur, permettant d'arriver directement à la détermination de tous les éléments dont on a besoin pour la construction et sans tâtonnements. Il applique cette méthode à un grand alternateur triphasé de 400 kilowatts établi par les Établissements Électrotechniques Ansaldo et C[ie] et montre que les résultats obtenus par ce calcul sont d'accord avec les données expérimentales. G. G.

Actions des pertes magnétiques dans les appareils à courant alternatif, par A. Pugliese. *L'Elettricista,* t. XI, p. 216 et 242, septembre et octobre 1902. — Blondel a montré toute l'importance qu'ont les pertes magnétiques dans les appareils à courant alternatif et comment elles sont reliées aux phénomènes d'induction. Les travaux de Blondel et les résultats obtenus dans la voie qu'il a ouverte peuvent se grouper suivant trois théories. La première et la plus importante est celle de Blondel, celle des flux fictifs; la seconde, celle de Behrend, n'est qu'une transformation de la première; son auteur l'appelle celle de l'excitation transmise; enfin la troisième, celle des champs réels, est un perfectionnement des deux autres; elle se déduit des nombreux travaux d'Heyland. L'auteur se propose d'étudier qualitativement les phénomènes, d'en montrer les liens et la signification physique; il considère au point de vue des pertes magnétiques les principaux organes à courant alternatif, générateurs, transformateurs et moteurs d'induction, et leur applique successivement les trois théories en coordonnant les résultats. G.

Calcul de la régulation des alternateurs, par Virginius-D. Moody. *Electrical World,* t. XL, p. 619-620, 18 octobre 1902. — Dans les alternateurs, la régulation est le rapport de l'élévation de tension entre la marche à vide et la pleine charge, la vitesse restant constante, à la tension de pleine charge. Pour déterminer ce rapport, il faut d'abord tracer les courbes de saturation et d'impédance synchrone. Selon la définition de Steinmetz, la courbe de saturation est celle qui représente les variations de la force électromotrice induite en fonction de l'excitation. Pour l'obtenir, on fait fonctionner l'alternateur à circuit ouvert et à vitesse normale, après avoir détruit le magnétisme résiduel des inducteurs, et l'on fait varier l'excitation par petits à-coups depuis zéro jusqu'à sa valeur normale. On trace la courbe en prenant pour abscisses les ampèretours par pôle et pour ordonnées les tensions aux bornes de l'induit. L'impé-

dance synchrone d'un alternateur, pour une excitation donnée, est le rapport de la force électromotrice induite dans l'armature au courant de court-circuit pour la même valeur de l'excitation, $Z = \frac{E_1}{I}$, où $Z = \sqrt{r^2 + lx^2}$ désigne l'impédance. Ce rapport reste sensiblement constant pour toutes les valeurs de l'excitation. L'impédance synchrone (l'induit étant en court-circuit) ne comprend pas seulement la résistance et la réactance réelles de l'induit, mais aussi la réaction électromagnétique de l'induit sur le flux inducteur. La courbe d'impédance synchrone se détermine par la méthode connue, au moyen d'un essai en court-circuit : on porte en abscisses les ampères du courant induit et en ordonnées les forces électromotrices, déduites de la courbe précédente. On détermine ensuite la « courbe de saturation en charge », c'est-à-dire la courbe des variations de la tension aux bornes en fonction de l'excitation, le courant de pleine charge circulant dans l'induit et le circuit extérieur étant non-inductif. Cette courbe se déduit des deux précédentes. La régulation, telle qu'elle a été définie, se calcule alors facilement au moyen de la courbe de saturation à vide et de la courbe de saturation en charge. L'auteur donne un exemple numérique ; il reproduit des courbes et des tableaux de résultats d'essais. P. L.

Génératrices à double courant et commutatrices, par Sydney Woodfield. *Electrical Review* (Londres), t. LI, p. 569-571, 3 octobre 1902. — L'auteur, ayant énuméré les divers usages auxquels peuvent servir les commutatrices, s'attache particulièrement au cas où elles sont employées à transformer la puissance mécanique, partie en courant continu, partie en courant alternatif ; elles reçoivent alors le nom de génératrices à double courant. Le principal avantage de ce type de machine pour alimenter les réseaux de traction, c'est que la charge se transmet automatiquemement d'un côté de la machine à l'autre, sans affecter beaucoup le rendement, tandis que si l'on avait un alternateur et une dynamo à courant continu conduits par la même machine motrice, dans le cas où les charges seraient très inégales, l'une des machines fonctionnerait à rendement élevé et l'autre à mauvais rendement. Un autre avantage à mettre à l'actif des génératrices à double courant, c'est qu'elles réduisent au minimum les groupes de réserve et par suite les frais d'installation. La considération des réactions d'induit qui se produisent dans ces génératrices conduit l'auteur à conseiller de les exciter séparément. P. L.

Conditions auxquelles doivent satisfaire les machines motrices pour le couplage en parallèle des alternateurs, par E.-M. Tingley. *Electrical Review* (Londres), t. LI, p. 539-540, 26 septembre 1902. — L'auteur reproduit les indications fournies par la Compagnie Westinghouse sur cette question. *A*. Les régulateurs des machines motrices doivent être construits de telle sorte qu'il n'y ait aucune tendance à un échange périodique de la charge entre ces machines. Cette tendance peut avoir son origine dans les variations de la vitesse angulaire pendant une révolution ou dans une brusque variation de la charge qui affectera chaque régulateur d'une manière légèrement différente : les régulateurs doivent être insensibles à ces perturbations. *B*. Le décalage de la partie tournante du générateur électrique sur la position qu'elle aurait si le mouvement était uniforme, pour une charge constante quelconque, ne doit pas dépasser 1/16 de l'angle compris entre deux pôles consécutifs. *C*. Les machines motrices doivent avoir les mêmes caractéristiques de régulation de vitesse, de façon à fournir à leurs alternateurs respectifs une puissance proportionnelle à la charge. *D*. On recommande l'emploi de régulateurs ajustables pendant la marche, pour faciliter la synchronisation des alternateurs et les changements de la charge supportée par les machines. L'auteur indique les motifs des exigences formulées. P. L.

Considérations sur les différents modes d'accouplement des moteurs avec leurs génératrices, par E.-W. Ehnert. *Zeitschrift für Elektrotechnik*, t. XX, p. 473, 28 septembre 1902. — Les phénomènes qui résultent d'un accouplement défectueux se manifestent, au point de vue électrique, par des oscillations du voltage qui se répercutent sur les lampes insérées dans le circuit. On cherche habituellement à corriger l'irrégularité du moteur par l'adjonction d'un lourd volant, dont la masse peut être partiellement reportée sur l'induit mobile de la génératrice, surtout pour les unités qui dépassent une certaine puissance ; ce dispositif s'applique presque toujours aux alternateurs destinés à marcher en parallèle et qui, pour cette raison, demandent un coefficient d'irrégularité aussi faible que possible. A bord des navires, où l'espace est restreint, on emploie des groupes électrogènes très compacts, sans volant, pourvu que le régulateur soit sensible. On supprime même le palier intérieur de la dynamo qui doit alors être réunie au moteur par un accouplement rigide pour éviter le décentrement de l'induit, ou encore le moteur et la génératrice ont un arbre commun. S'il s'agit d'entraîner des dynamos continues affectées à l'éclairage par des moteurs à vapeur ou des moteurs à explosion, il est de toute nécessité que le collecteur tourne bien rond. On s'arrangera donc pour reporter le choc sur le palier moteur seul, en donnant à l'armature des paliers indépendants. Dans les grandes stations où on mène de front la transmission de l'énergie, l'éclairage, la charge des accumulateurs, on dispose une génératrice de chaque côté du moteur, continue pour l'éclairage et triphasée pour la transmission. Il n'est même pas rare de voir ce dispositif appliqué à deux génératrices identiques. Ici il faut réunir le volant et l'armature par un arbre éminemment rigide. On fera donc bien de mettre le volant du côté de la génératrice continue, car si l'inducteur de l'alternateur sert de volant, il se produit de grandes oscillations dans l'éclairage. Avec deux génératrices à courant continu dont le palier extérieur seul est indépendant, les volants ne doivent recevoir aucun contrepoids, dont l'action se traduirait par un balancement de l'arbre en même temps que de l'induit. Les moteurs jumelés auront toujours leurs manivelles à 180° pour compenser le mouvement des bielles. B. K.

Les transformateurs Burnaud. *Electrician*, t. XLIX, p. 862-864, 19 septembre 1902. — Les bobines de ces transformateurs sont de section triangulaire et enfilées sur les quatre côtés d'une carcasse carrée. On arrive ainsi, disent les constructeurs, à raccourcir le circuit électrique sans allonger le circuit magnétique ; de plus la surface de rayonnement est grande par rapport aux dimensions, de sorte que l'appareil s'échauffe peu. Enfin le réglage de la tension serait aussi précis sur les charges inductives que sur les charges non inductives ; un essai récent a donné, dans les deux cas, une chute de tension de 2,25 p. 100 entre la marche à vide et la marche à pleine charge. P. L.

Usine génératrice municipale de Erlangen avec moteurs à gaz. *Zeitschrift für Elektrotechnik*, t. XX, p. 451, 14 septembre 1902. — L'usine est construite pour 700 chevaux ; actuellement elle n'en fournit que 420. La distribution se fait par trois fils à la tension 2×220 volts. L'énergie électrique est produite par deux groupes électrogènes à gaz, dont les moteurs ont une puissance de 125 à 140 chevaux, à raison de 120 t : m. Ils sont directement accouplés à deux dynamos-shunt de 85 kilowatts ; la tension de celles-ci peut varier entre 440 et 500 volts. Deux groupes de survolteurs, constitués par deux génératrices de 16 kilowatts et deux moteurs de 25 chevaux à 740 t : m, servent à la charge de la batterie d'accumulateurs, qui comprend 272 éléments avec une capacité de 648 ampères-heure pour une décharge en 3 heures. Les quatre machines auxiliaires sont toutes reliées entre elles. Le réglage de la tension a lieu au moyen de deux réducteurs doubles installés respectivement aux deux extrémités de la batterie, dont 56 éléments servent à maintenir l'équilibre entre les deux ponts. Du tableau de distribution partent 6 feeders sur lesquels sont branchés 40 km de câbles avec des sections variant entre 120, 100 et 50 mm². La ligne a été livrée et posée par l'Allgemeine Elektricitats Gessellschaft : les moteurs à gaz sortent des ateliers des frères Körting. Chaque groupe électrogène produit son gaz indépendamment de l'autre ; son installation comprend : un gazogène, un petit générateur de vapeur, un épurateur (scrubber), un gazomètre, etc. Les pompes de compression et à eau sont actionnées par moteurs électriques. L'installation a été soumise à des essais très sérieux, exécutés sous la direction de MM. E.-W. Lehmann-Richter, de Francfort, et F. Ross, de Vienne.

Essais sur le moteur II. — Ils ont duré huit heures, parce

qu'ils avaient principalement pour but d'établir la dépense de combustible, soit anthracite pour le gazogène et coke de l'usine à gaz d'Erlangen pour la chaudière. En admettant pour la génératrice un rendement de 91 p. 100, la puissance du moteur étant 125 chevaux, celle de la dynamo est de 83,75 kilowatts. Dans ces conditions, on a trouvé :

Moteurs à gaz : rendement effectif : 86 à 87 p. 100 ; rendement garanti, 80 p. 100.

Anthracite : Consommation effective par kilowatt-heure, 0,56 kg ; consommation garantie, 0,78 kg ;

Eau, chaudières et moteurs : consommation effective par cheval-heure, 33 kg ; consommation garantie, 50 kg.

Essais sur le moteur I. — Ils ont encore duré huit heures, mais, cette fois, on voulait étudier l'attitude du moteur, quand on augmentait sa vitesse jusqu'à atteindre la tension de 500 volts. Cette tension est, en effet, nécessaire pour commencer la charge des accumulateurs sans le secours des survolteurs. La tension a été maintenue, trois heures durant, à 513,8 volts ; la charge, à 86,3 kilowatts, et le nombre de tours du moteur, à 126. Pendant les cinq dernières heures, on a considérablement augmenté la charge, et la moyenne, pour les huit heures, a été 88,7 kilowatts. La consommation de charbon s'est élevée à 0,588 kg par kilowatt ; ce résultat est certainement remarquable si on songe aux conditions pénibles dans lesquelles travaillait le groupe électrogène. La consommation en eau a atteint 32,5 litres par cheval-heure. Entre la marche à vide et la charge normale, le nombre de tours a varié de 2 p. 100. Une surcharge de 25 p. 100 a réduit la vitesse de 1,5 p. 100.

Essais sur les électromoteurs. — On a constaté qu'ils marchaient sans bruit, sans étincelles et que leur rendement dépassait 75 p. 100. La pompe fournit 12,3 m³ d'eau à l'heure. — *Batterie d'accumulateurs.* — D'après le traité, elle devait avoir, à la décharge de 216 ampères, une capacité de 648 ampèreheure, un rendement de 90 p. 100 en ampèreheure et de 75 p. 100 en wattsheure. Les essais ont donné les résultats suivants : 678,44-95,74-77,53. Au bout de trois heures, la tension de chaque élément est tombée à 1,846 volt. — *Génératrices.* — Elles ont subi deux épreuves ; l'une, relative à l'échauffement, mesuré par la variation de résistance après cinq heures de marche à charge normale ; l'autre, relative au rendement.

Dynamo d'un groupe électrogène . .	Induit . . .	24,8° C	au-dessus de la température ambiante.
	Inducteur .	35,8°	
Dynamos des survolteurs.	I. Induit . .	25,2° C	au-dessus de la température ambiante.
	Inducteur	19,8°	
	II. Induit .	24,7°	
	Inductʳ.	23,95°	
Moteurs des survolteurs.	I. Induit . .	37,7°	au-dessus de la température ambiante.
	Inducteur	26,2°	
	II. Induit .	37,9°	
	Inductʳ.	33,5°	

On a relevé pour les rendements de la dynamo-shunt, à différentes charges :

à 440	500	550	volts
90,1	90,28	90,78	p. 100 ;

pour les groupes survolteurs : 91 p. 100. B. K.

Transmission et Distribution.

Les limites physiques des transmissions d'énergie électrique, par Alton D. Adams. *Engineering Magazine*, t. XXIV, p. 10-16, octobre 1902. — Ces limites sont fixées par le voltage qu'on peut employer. La pratique moderne est de produire l'énergie au moyen d'alternateurs à moins de 3 000 volts et d'élever la tension par des transformateurs : la tension la plus élevée possible est donc celle qu'on peut développer dans ces derniers appareils. L'auteur cite plusieurs installations américaines où les transformateurs fonctionnent à très haute tension, entre autres la transmission à 50 000 volts de Canon Ferry et Butte (Montana). On n'a constaté dans aucun de ces cas qu'une tension de 40 000 à 50 000 volts fût une limite pratique ; on a même pu faire fonctionner des transformateurs à volonté jusqu'à 100 000 volts et au-dessus. Il faut donc chercher, en dehors des stations génératrice et réceptrice, la limite des voltages qu'on peut employer : c'est dans la ligne de transmission qu'on la rencontrera d'abord. Les troubles qu'occasionnent les tensions élevées sont de deux sortes : les arcs momentanés qui s'établissent le long des traverses humides entre deux fils portés par un même poteau, et le passage constant d'énergie électrique d'un fil à l'autre. Ces deux inconvénients peuvent se réduire autant qu'on le veut en accroissant la distance entre fils, mais on ne peut aller bien loin dans cette voie si l'on fait supporter tous les fils par une seule ligne de poteaux. Il faut une ligne de poteaux pour chaque fil et des précautions spéciales pour empêcher un arc de s'établir entre le bord intérieur, souvent humide, de l'isolateur et la traverse qui le supporte. Une ligne ainsi construite permettrait l'emploi de tensions deux ou trois fois plus élevées que les tensions maxima de la pratique actuelle et la limite des transmissions électriques serait le voltage maximum auquel peuvent fonctionner les transformateurs. P. L.

Coefficient d'utilisation de l'espace dans les câbles, par Holitscher. *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 673, 31 juillet 1902. — L'auteur définit coefficient d'utilisation de l'espace dans un câble, le rapport de la section effective du cuivre S*e* à la section extérieure S*a* ; la section S*e* étant celle qui détermine la résistance électrique du câble, et la section S*a* celle qui impose l'espace nécessaire pour le logement du câble.

Ce coefficient varie dans les câbles de 70 à 75 p. 100 et ne doit pas descendre, dans un câble bien exécuté, au-dessous de 70 p. 100, sauf conditions spéciales.

L'auteur calcule les valeurs du coefficient pour différentes sortes de câbles à un ou plusieurs torons et montre que ce coefficient varie bien dans les limites indiquées. Il signale un câble, irrationnellement constitué de 24 torons de 21 fils chacun, ne correspondant à aucune figure géométrique et qui présentait par la suite un mauvais coefficient, soit 64 p. 100. A. M.

Interrupteurs et coupe-circuit pour haute tension. *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 652, 24 juillet 1902. — Dans les interrupteurs et coupe-circuit employés actuellement pour la haute tension, et en particulier dans les appareils à vide ou à huile, on a surtout cherché à obtenir une longue durée des contacts, et dans ce but à amoindrir l'importance et la durée de l'étincelle de rupture. Il en résulte que lorsqu'un tel appareil vient à fonctionner en pleine charge, des tensions dangereuses prennent naissance dans les machines qu'il dessert, transformateurs, moteurs, et surtout, cas particulièrement dangereux, machines à courant continu à haute tension. Partant d'un principe tout différent, la maison Sprecher et Fretz (Aarau) construit des interrupteurs et des coupe-circuit à rupture progressive et sûre, en utilisant tout simplement les propriétés bien connues du parafoudre à cornes de Siemens : la rupture dure ainsi une à deux secondes. On coupe ainsi facilement, sans danger pour les machines, 50 ampères sous 5 000 volts. Un tel interrupteur se compose tout simplement d'une tige pénétrant dans une bague fendue formant ressort ; la bague est surmontée d'une corne ; d'autre part, la tige glisse dans un manchon surmonté d'une autre corne ; le tout est monté sur trois isolateurs par pôle, un pour la bague, un pour le manchon, et le dernier pour le support de la tige ; ce dernier est monté sur un levier mobile, commandé par une chaîne portant plusieurs isolateurs à boules, suivant la tension. A. M.

Installation électrique du port de Emden, par H. Langner. *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 879 et 902, 2 et 9 octobre 1902. — De cet article très documenté et illustré de 15 figures et photographies, nous extrayons les renseignements qui suivent. Emden est un petit port ouvert sur la mer du Nord à l'embouchure de la rivière Ems et qui n'a pris une certaine importance que depuis le creusement du canal Dortmund-Emden (240 k environ), parallèle à l'Ems. Le lecteur sait

que Dortmund, située en Westphalie, est une ville d'une centaine de mille habitants, renommée par ses fonderies, aciéries, etc., et qui pour cette raison avait besoin d'une communication directe avec la mer. La création du canal, inauguré en août 1899, a eu pour conséquence la réfection complète du port tant au point de vue de la répartition des bassins que de l'installation des appareils nécessaires au transbordement rapide des marchandises en provenance ou à destination du canal. Les vapeurs d'un tonnage moyen empruntent souvent cette dernière voie, mais à la condition d'être allégés d'une partie de leur cargaison. D'autre part, ce port est très fréquenté par les bateaux qui désirent faire du charbon. Il y a donc là un trafic énorme qui réclamait un outillage moderne susceptible d'abréger les arrêts le plus possible. Le port comprend un bassin intérieur avec warf pour la manutention des marchandises et un avant-port avec quais sillonnés de voies de remorque. Les projets primitifs du gouvernement ont encore subi de grandes modifications sous l'impulsion de deux compagnies maritimes, la Hamburg-Amerikanische Packefahrt A. G. et la Norddeutsche Lloydt, qui s'engageaient à faire escale à Emden si l'Administration rendait le port accessible aux grands paquebots: en outre, elles devaient prolonger les quais et y installer des magasins. Pour toutes ces raisons, on a donné à l'outillage du port une grande importance; il comprend : avant-port, 10 grues automobiles à portique de 3 tonnes, une grue pivotante fixe de 40 tonnes, 1 grue à portique fixe de 10 tonnes, 3 grues d'applique de 1,5 tonne pour le service de 2 magasins et un transbordeur à charbon; warf du bassin intérieur : 5 grues de 3 tonnes, une grue de 10 tonnes et un magasin. La commande de tous ces appareils est électrique. L'usine génératrice, élevée sur le port par la Westfälische Transport A. G. de Duisburg, fournit en même temps l'éclairage aux quais et magasins et la force motrice à un chemin de fer à voie étroite de 4 km de longueur qui fait la navette entre la ville et le port. Les canalisations et les lampes ont été posées par la Siemens und Halske A. G.; les constructions en fer proviennent de la Eisenwerk A. G. de Hambourg. La composition de l'usine génératrice est la suivante. Les dynamos, au nombre de trois, fonctionnent toutes à 500 volts et sont entraînées par courroie.

	1er groupe	2e groupe	3e groupe
Surface de chauffe . .	60	60	100
Puissance du moteur.	100	100	200
Puissance de la génératrice	65	65	135
Tension.	500	500	500
Intensité	130	130	270

Les chaudières sont à tubes-foyers et calculées pour une pression maxima de 9 atmosphères. L'alimentation se fait par petit cheval alimentaire ou par injecteur. Les moteurs sont du type vertical, à deux cylindres accouplés en tandem ; les condenseurs sont à injection et reçoivent l'eau du port. L'emploi de l'eau de mer a obligé les constructeurs à ne faire usage que de cuivre rouge pour toutes les parois susceptibles d'être mouillées par l'eau salée. La distribution de la force motrice a lieu sous 500 volts ; pour l'éclairage, au contraire, on a adopté le système à trois fils, 2×220 volts, avec fil neutre à la terre. Une batterie de 278 éléments et d'une capacité de 370 ampèreheure, avec milieu à la terre, alimente le circuit d'éclairage, tandis que le circuit de force motrice est branché directement sur les barres du tableau à 500 volts. Quand l'un ou l'autre circuit fonctionne seul, il ne se présente aucune difficulté ; mais s'ils doivent marcher ensemble, comme le réseau de force est connecté aux manettes du réducteur correspondant à la charge de la batterie, les moteurs sont exposés à une tension trop forte ; un commutateur spécial permet alors de dériver le réseau de force sur le circuit d'éclairage qui, lui, est toujours en relation avec les manettes des réducteurs correspondant à la décharge. Il en résulte une baisse de tension pas trop préjudiciable à la marche des moteurs qui sont presque tous des moteurs-série.

Pour charger la batterie, on a recours à un survolteur formé d'un groupe moteur-générateur, dont le voltage peut varier depuis 100 à 270 volts, soit en agissant sur la vitesse, soit en agissant sur le champ inducteur. Le tableau de distribution est tout en marbre avec bordure en chêne ; il comprend 5 panneaux, correspondant à chacune des 5 unités dont il a été question. Les conditions d'exploitations du chemin de fer ont exigé quelques précautions. Il doit, en effet, fonctionner à 500 volts avec retour par la terre ; d'où impossibilité de le relier au circuit d'éclairage dont le neutre est aussi à la terre. On a tourné la difficulté en alimentant la voie par un groupe moteur-générateur constitué par un moteur de 50 chevaux qui reçoit le courant des barres collectrices et une génératrice à 500 volts de 37,5 kilowatts. En cas d'accident à ce dernier groupe, on peut coupler directement l'une des génératrices sur le réseau de traction. La ligne est partie aérienne, partie souterraine, partie sous-marine. L'ensemble de l'éclairage comprend 48 lampes à arc et 230 lampes à incandescence ; les premières sont presque toutes de 10 ampères, quant aux secondes, elles se répartissent ainsi : 197 lampes de 16 bougies Hefner et 42 lampes de 25 bougies. L'équipement électrique des grues varie suivant le type, mais elles ont toutes des pignons et engrenages en cuir vert comprimé. Les grues automobiles à portique de 3 tonnes possèdent trois moteurs : le premier sert à soulever le fardeau ; le deuxième, au pivotage ; et le troisième, au déplacement du portique sur les rails. Ce sont tous des moteurs-série cuirassés. Le plus grand soin a été apporté dans leur construction et ils se distinguent principalement par la facilité avec laquelle les pièces sont interchangeables. Les contrôleurs diffèrent un peu de ceux qu'on emploie ordinairement sur les tramways ; il y en a deux : l'un pour la manœuvre de levage, l'autre, pour le pivotage et celui-ci peut être connecté sur le moteur qui actionne le portique par le simple jeu d'un commutateur. Un tableau de distribution complète l'appareillage de la cabine du mécanicien. Le transbordeur à charbon a l'aspect d'un ascenseur ; sa charpente est entièrement en fer. Son équipement, y compris quelques accessoires indispensables pour la manutention du charbon, ne comprend pas moins de 11 moteurs. Nous trouvons d'abord un moteur en dérivation de 130 chevaux et 370 t : m qui peut soulever une charge de 15 000 kg à 12,5 m de hauteur et à la vitesse de 0,33 m par seconde. Le renversement de la charge dans le navire se fait par un autre moteur shunt de 60 chevaux à 530 t : m. Il faut y ajouter 2 petits moteurs-série pour la manœuvre des freins. La descente du charbon à fond de cale a lieu par un plan incliné suspendu à des câbles qui s'enroulent sur deux tambours commandés par un moteur-série de 17 chevaux à 700 t : m. On peut soulever, abaisser ou incliner le plan à volonté ; ici ce sont encore deux moteurs-série qui actionnent les freins des dévidoirs. Comme accessoires, nous signalerons une petite grue pivotante munie d'un moteur-série de 18 chevaux à 630 t : m qui soulève la charge ; la rotation est assurée par un petit moteur de 4 chevaux à 1 000 t : m qui attaque par vis sans fin un plateau denté solidaire de l'arbre sur lequel pivote tout le système. Cette grue sert à déposer une première couche de charbon à fond de cale pour faciliter l'installation du plan incliné et surtout réduire la hauteur de chute initiale. Ici l'auteur donne un diagramme de la consommation d'énergie correspondant à un cycle complet qui se fait en 5 phases bien distinctes ; la dépense totale serait de 1 200 watts-heure. Un autre accessoire est constitué par deux cabestans actionnés chacun par un moteur cuirassé de 27 chevaux à 600 t : m. Ils sont destinés à la traction des wagons qu'on veut approcher ou écarter du lieu de déchargement. On a reconnu qu'il était particulièrement avantageux, pour la sûreté de leur fonctionnement, de les munir d'un démarreur automatique, dont les résistances sont mises en jeu par un régulateur à force centrifuge. Dans la présente installation, ce dispositif a donné toute satisfaction.

B. K.

Applications mécaniques.

Influence du repercement des isthmes dans les moteurs d'induction par Mollier. *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 670, 31 juillet 1902. — L'auteur insiste sur le fait bien connu que le repercement des isthmes diminue les fuites magnétiques : il donne les courbes caractéristiques de deux moteurs, en particulier d'un moteur de 8 chevaux, 110 volts, qu'il a essayé d'abord avec secondaire à encoches repercées et primaire à encoches non repercées, puis avec toutes les encoches repercées. Il a observé que dans ce second cas, le moteur pouvait supporter une surcharge supérieure de 20 p. 100, à celle qu'il supportait avec encoches fermées, et cependant l'épaisseur de l'isthme n'était que de 0,3 mm et la fente de 2 mm. De plus, le courant primaire et le glissement ont été abaissés à puissance effective égale, et le cos φ notablement amélioré par cette modification.

A. M.

La première installation de labourage électrique en Autriche, par E. Roth. *Zeitschrift für Elektrotechnik*, t. XX, p. 425, 31 août 1902. — C'est sur le vaste domaine seigneurial de M. Goldschmidt, propriétaire à Taikowitz, district de Mähren, que se trouve cette installation. Elle comprend, sur un premier réseau, 3 000 lampes à incandescence dont 180 au moins brûlent simultanément tous les soirs, et deux électromoteurs de 1 et 2 chevaux pour le service d'un hache-paille et d'une pompe. L'usine génératrice fournit des courants triphasés à 2 100 volts qui sont ensuite abaissés à 150 volts par un unique transformateur. La ligne qui dessert la campagne est complètement séparée du réseau d'éclairage. En général, le travail du terrain est assez facile, et on pouvait y faire face en utilisant, sous forme d'énergie électrique, la force motrice du petit ruisseau qui traverse le domaine. Les seuls travaux préparatoires ont consisté dans l'établissement de deux bassins de 5 000 m³ chacun, l'un situé à 1 km en amont du lieu choisi pour l'érection de l'usine génératrice, l'autre situé immédiatement derrière cette usine. On dispose ainsi, à peu près d'un bout à l'autre de l'année, d'une chute de 8 mètres débitant 500 litres à la seconde qui actionne une turbine Francis de 40 chevaux à 275 t : m. L'arbre de la turbine porte un volant pesant 1 000 kg avec un diamètre de 1,70 m. Cette importance donnée au volant s'explique par la nécessité d'avoir toujours une certaine énergie disponible pour dégager la charrue quand elle rencontre de grosses pierres. La turbine commande, par courroies, deux groupes de machines constitués, le premier groupe, par un alternateur triphasé de 65 kilowatts, 2 100 volts et une dynamo continue de 40 kilowatts, 110 volts : le deuxième groupe, par un alternateur triphasé de 10 kilowatts 2 100 volts et une petite dynamo de 11 kilowatts, 110 volts. Les accouplements sont tels que la turbine peut entraîner les deux grosses dynamos ensemble ou séparément ; et, dans le second cas, le groupe entier ou le petit alternateur seul. Citons encore une batterie d'accumulateurs Pollak, de 60 éléments dont la capacité est de 987 ampèreheure pour une décharge en sept heures. Le courant maximum à la décharge est de 269 ampères. Quelle est la participation de ces diverses unités à la production de l'énergie ? Le grand alternateur alimente uniquement le réseau de travail ; il est alors accouplé avec la génératrice continue qui reste toujours branchée sur la batterie. Si le labourage n'absorbe pas toute la puissance développée par la turbine, la génératrice continue charge la batterie ; au contraire, quand la charrue demande un effort considérable, la génératrice continue reçoit le courant de la batterie et travaille en moteur pour aider la turbine à entraîner l'alternateur. Cette manœuvre se fait du reste automatiquement et sans difficulté. Pour mener de front le travail et l'éclairage, on sépare la génératrice de l'alternateur et de la batterie, dont le courant est alors envoyé à la petite dynamo. Celle-ci forme avec l'alternateur de 10 kilowatts un groupe moteur-générateur qui alimente les lampes à incandescence. Après le travail des champs, on accouple la turbine avec le petit alternateur et avec l'une ou l'autre des génératrices continues qui servent alors à charger la batterie. La traction se fait suivant le système Brutschke

à moteur unique, caractérisé par ce fait qu'on emploie deux voitures placées respectivement aux extrémités du champ à labourer, l'une portant le moteur, l'autre servant de point d'ancrage. La charrue est à bascule; on lui donne trois ou cinq socs suivant la dureté du terrain. Un conducteur d'un développement total de 500 m amène le courant du réseau principal au moteur. Le pignon du moteur commande trois roues dentées, l'une pour le déplacement de la voiture, les deux autres pour les treuils sur lesquels s'enroulent les câbles de traction. Le premier câble s'attache directement à l'avant de la charrue; le deuxième se rend à la voiture d'ancrage, placée à l'autre extrémité du champ, passe sur une poulie et revient s'amarrer à l'arrière de la charrue. Le mouvement de va et vient de celle-ci se comprend facilement. Un détail assez intéressant est le dispositif adopté pour la consolidation de la dernière voiture quand sa poulie reçoit l'effort de traction qui ramène la charrue en arrière. Cette voiture est munie, dans la direction du câble, d'une glissière qui reçoit un chariot mobile. Le chariot porte la poulie et il est relié, par une chaîne grosse et courte, à une sorte d'ancre à cinq becs qui s'enfoncent profondément dans la terre dès que le chariot est soumis à l'effort de traction. Quand la charrue est tirée du côté de la voiture motrice, le chariot revient un peu en arrière, la chaîne de l'ancre se détend et on peut alors, sur la poulie qui ne sert plus qu'à soutenir le câble, capter l'énergie nécessaire : 1° pour arracher l'ancre du sol; 2° faire avancer la voiture de la largeur d'un sillon. Ce déplacement s'obtient au moyen d'un treuil commandé par la poulie et sur lequel s'enroule une corde dont un bout est solidement fixé dans le sol. B. K.

Trieur magnétique de la British-Thomson-Houston. *Engineering* (Londres), t. LXXIII, p. 608, 9 mai 1902. — Les trieurs magnétiques trouvent leur principal emploi dans les fonderies de cuivre et les ateliers de construction de machines, où ils servent à séparer la tournure et la limaille de cuivre des débris de fer. Celui que décrit l'article est construit par la British Thomson-Houston Company. Il se compose d'un tambour de bronze à l'intérieur duquel est disposé un électro-aimant et d'un frotteur cylindrique portant des bandes de cuir radiales. Ce dernier est actionné par une poulie et le mouvement est transmis au tambour de bronze par un engrenage réducteur de vitesse. On fait tomber lentement les débris métalliques sur le tambour; le cuivre tombe dans un des compartiments de la caisse placée sous l'appareil et le fer est retenu par l'attraction magnétique jusqu'au moment où le frotteur le fait tomber dans l'autre compartiment. La capacité du trieur est de 270 kg par heure; la puissance motrice nécessaire est de 1/8 de cheval. L'électro-aimant absorbe environ 75 watts. P. L.

Traction.

Avantages des tramways et chemins de fer électriques, *Electrician*, t. XLIX, p. 556-557, 25 juillet, 1902. — La préférence accordée par le voyageur au tramway sur le chemin de fer suburbain provient des commodités que lui procure le premier et non du fait qu'il est équipé à l'électricité. Les ingénieurs et les compagnies qui pensent lutter contre la concurrence du tramway électrique en remplaçant simplement la source d'énergie actuelle des chemins de fer par l'électricité commettent une profonde erreur. Cette substitution peut procurer quelques avantages quant à la vitesse moyenne, sur les voies actuelles; mais il ne faut pas compter y voir rouler des trains électriques à des vitesses de 250 à 300 km à l'heure. La fréquence des trains, qui est un des plus grands avantages du tramway, est aussi difficile à obtenir sur des lignes où doivent circuler des trains express et des convois de marchandises. P.-L. C.

Chemin de fer électrique à courant monophasé, système Westinghouse, pour la ligne de Washington à Baltimore. *Electrical World*, t. XL, p. 316, 30 août 1902. — La distance entre Washington et Baltimore est de 64 km et l'embranchement qui relie la ligne principale à Annapolis a une longueur de 24 km. La transmission se fera par courant monophasé à 15000 volts; des transformateurs statiques abaisseront la tension à 1000 volts dans des sous-stations. On n'a pas encore de détails relatifs aux moteurs et aux appareils de manœuvre, qui seront d'un type nouveau. P. L.

Statistique des tramways électriques en Allemagne au 31 octobre 1901. *Elektrotechnische Zeitschrift*, t. XXIII, p. 253 et p. 262-280, 27 mars 1902. — L'article donne, sous forme de tableaux, les diverses particularités des installations allemandes de tramways. Le tableau récapitulatif suivant permet de se rendre compte du développement de ces installations pendant l'année septembre 1900-octobre 1901.

	1900	1901	Accroissement p. 100
Nombre des installations	99	113	14
Longueur des voies en km	4254	4548,7	6,9
Nombre de voitures automotrices	5994	7290	21,6
Nombre de voitures remorquées	3962	4967	25,4
Puissance des moteurs en kw	75608	108021	43,1
Puissance des accumulateurs en kw	16890	25531	51,1

L'article fait remarquer que l'accroissement de longueur des voies a été moindre que l'année précédente où il avait atteint 51 p. 100; l'accroissement du nombre de voitures automobiles a été aussi moindre de 10 p. 100. La puissance des usines génératrices pour lumière et force motrice étant, d'après une récente statistique, de 352700 kilowatts, dont 290038 kilowatts pour les machines et 62532 kilowatts pour les accumulateurs, si l'on y ajoute la puissance des usines de traction, on arrive au total de 486122 kilowatts pour la puissance de toutes les usines génératrices électriques de l'Allemagne, chiffre de 50 p. 100 supérieur à celui qui se rapporte à l'année précédente.

Éclairage.

Epreuves de la lampe Nernst. *American Electrician*, t. XIV, p. 420-422, septembre 1902. — A la dernière réunion de la Cincinnati Electric Light Convention, plusieurs ingénieurs appartenant à diverses compagnies d'éclairage électrique ont rendu compte de leurs essais sur la lampe Nernst. Ils sont d'accord pour en reconnaître le succès au point de vue commercial. En raison des soins qu'elle nécessite, la lumière de la lampe Nernst revient plus cher que celle du filament à incandescence ordinaire, mais elle est aussi de qualité supérieure : comparée à celle d'Edison, la lampe Nernst est une lampe de luxe. En outre elle tient le milieu, par sa puissance, entre la lampe Edison et la lampe à arc, ce qui permet de la mettre en concurrence avec le bec Welsbach. Sa durée, si l'on ne tient pas compte des filaments défectueux, est d'environ 800 heures à 60 périodes et de 400 heures à 25 périodes. P. L.

Installation municipale de lumière électrique de Melbourne (Australie). *Electrical World*, t. XXXIX, p. 763-765, 3 mai 1902. — Cette installation, toute récente, aura bientôt complètement remplacé l'ancienne distribution du Conseil municipal et celles de trois Compagnies particulières rachetées par lui. Quatre machines à vapeur verticales de 550 chevaux sont couplées directement à quatre dynamos à courant continu de 350 kilowatts, et une machine de 350 chevaux conduit une dynamo de 200 kilowatts. Ces génératrices sont à induit denté et munies de balais de charbon. La distribution se fait par trois fils à la tension de deux fois 230 volts; on égalise les tensions par des dynamos régulatrices. Le réseau s'étend jusqu'à 2400 mètres de la station centrale. P. L.

LISTE DES BREVETS D'INVENTION

BF : Brevet français. — BP : Patente anglaise — DRP : Patente allemande — USAP : Patente américaine.
La liste des brevets français est communiquée par l'Office E. Barrault, 17, Boulevard de la Madeleine, Paris.

Applications mécaniques.

Fomm. 314 522, B F, 26 septembre 1901. — Moteur électrique avec appareil mécanique de changement de vitesse.

Guenre. 322 200, B F, 18 juin 1902. — Moteur rectiligne à courant continu et flux mobile.

Heany. 313 334 et 313 353, B F, 8 août 1901. — Perfectionnements aux moteurs électriques.

Allgemeine Elektricitæts Gesellschaft. 130 966, D R P, 28 mars 1901. — Mise en marche pour moteurs transportables ou autres appareils de consommation.

Allgemeine Elektricitats Gesellschaft. 312 904, B F, 22 juillet 1901. — Rhéostat de mise en marche à liquide.

Compagnie Générale de Constructions électriques. 316 431, B F, 30 novembre 1901. — Appareil de démarrage pour moteurs électriques.

Court. 312 561, B F, 11 juillet 1901. — Dispositif à bagues concentriques destiné au démarrage des moteurs électriques.

Dunker. 314 291, B F, 16 septembre 1901. — Perfectionnements apportés aux systèmes de contrôle pour moteurs électriques à courants tournants et alternatifs avec induits à phases et à courts-circuits.

Elektrizitæts. A.-G. anciennement Schukert et Cie, 133 315, D R P, 10 novembre 1900. — Dispositif de distribution à l'air comprimé pour appareil de mise en marche et de commande de machines motrices électriques.

Elektrizitæts. Akt. Ges. anciennement Schuckert et Co, 133 339, D R P, 15 février 1902. — Régulateur à force centrifuge pour moteurs d'induction avec induit en court-circuit pour la mise hors circuit automatique et graduelle de résistances insérées dans le circuit de l'induit.

Krabbs. 315 253, B F, 22 octobre 1901. — Dispositif de mise en marche et de réglage de la vitesse pour moteurs électriques.

Neu. 311 756, B F, 8 juin 1901. — Dispositif de freinage pour moteur électrique sur courant alternatif monophasé.

Société des établissements Postel-Vinay. 315 561. B F, 2 novembre 1901. — Régulateur automatique de démarrage et de freinage des moteurs électriques.

Richards. 316 815, B F, 7 décembre 1901. — Perfectionnements dans les appareils contrôleurs pour moteurs électriques.

Siemens et Halske. 132 814, D R P, 9 juillet 1901. — Mise en marche pour moteurs à courant continu.

Thomson-Houston (Compagnie française pour l'exploitation des procédés). 314 544, B F, 28 septembre 1901. — Système de contrôle des moteurs.

Thomson-Houston (Compagnie Française pour l'exploitation des procédés). 311 039, B F, 28 juin 1901. — Perfectionnements aux systèmes de contrôle des moteurs électriques.

Thomson-Houston (Compagnie Française pour l'exploitation des procédés). 316 052, B F, 19 novembre 1901. — Système de réglage des moteurs électriques.

Ch. Mildé fils et Cie. 312 166, B F, 26 juin 1901. — Système d'électro-aimant à épanouissements polaires assurant le grand déplacement d'une pièce mobile.

Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines a gaz. 322 254, B F, 16 mai 1902. — Electro-aimant pour courant alternatif.

Heany. 310 637, B F, 7 mai 1902. — Perfectionnements dans les solénoïdes et autres bobines électriques.

Heany. 315 433, B F, 29 octobre 1901. — Perfectionnements dans les enroulements des bobines électro-magnétiques.

Hugo Bremer. 133 109, D R P, 10 août 1901. — Electro-aimant avec noyau mobile à vis de l'armature.

Cerebotani et Moradelli. 314 864, B F, 12 octobre 1901. — Electro-aimant polarisé.

Guedon. 316 091, B F, 19 novembre 1901. — Perfectionnements à l'emploi des solénoïdes.

Tome XXXIII Samedi 6 Décembre 1902. 9e Année — N° 49

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

SOMMAIRE

NOUVELLES ET ÉCHOS

Sur l'observation et l'enregistrement des phénomènes périodiquement et rapidement variables. — A la séance du 21 novembre dernier de la Société des Ingénieurs civils, notre confrère E. Hospitalier a fait sur ce sujet une très intéressante conférence, résumée comme suit dans le procès-verbal de la séance.

M. E. Hospitalier justifie l'importance de la question qu'il va avoir l'honneur de traiter devant la *Société des Ingénieurs civils de France* en rappelant que si la science et l'industrie électriques ont fait, depuis un quart de siècle, des progrès si rapides, ces progrès sont dus, en grande partie, à la perfection des méthodes de mesure, qui ont permis de déterminer avec précision la grandeur relative des phénomènes produits par les appareils, et d'étudier l'influence réelle des modifications apportées à leur construction.

La mesure, relativement simple et facile lorsque ces phénomènes sont continus et constants ou lentement variables, se complique singulièrement lorsqu'il s'agit de phénomènes rapidement variables et dont la fréquence peut atteindre *cent*, *mille* et jusqu'à *dix mille* périodes par seconde.

Les besoins créés par les progrès de l'électricité ont développé les méthodes d'investigation et rendu possible, pratique, industriel, bientôt courant, l'emploi de méthodes analytiques qui permettent de suivre jusque dans le plus petit détail toutes les variations d'un phénomène instantané, si rapides soient-elles. Cette communication a pour objet l'exposé succinct de ces méthodes.

Principes. — L'observation d'un phénomène rapidement variable peut se faire à l'aide d'appareils basés sur deux principes très différents : l'*Observation directe* et l'*Observation indirecte*.

Observation directe. — L'appareil d'observation ou d'enregistrement doit pouvoir suivre le phénomène instantatément sans le perturber. On obtient ce résultat à l'aide de deux méthodes. La plus connue consiste à donner à l'appareil d'observation un faible moment d'inertie, une durée d'oscillation propre très courte devant celle du phénomène à enregistrer, et un amortissement aussi voisin que possible de l'amortissement critique, c'est-à-dire de l'amortissement pour lequel l'appareil éloigné de sa position d'équilibre tend à y revenir dans le temps le plus court possible et sans la dépasser. L'indicateur de Watt, le manographe, les oscillographes appartiennent à ce premier groupe.

La seconde méthode, qui ne compte encore qu'un appareil, le *Rhéographe* de M. Abraham appliqué à l'étude de courants variables, utilise un appareil d'observation, dont le moment d'inertie est élevé et la période d'oscillation propre beaucoup plus grande que celle du phénomène à observer. Dans ces conditions, l'appareil indiquerait toute autre chose que le phénomène à observer, aussi ne le soumet-on pas à l'action du phénomène lui-même, mais à un phénomène plus complexe, préalablement réglé et dans lequel les causes perturbatrices dues à l'inertie et à l'amortissement du système oscillant sont *compensées*. On obtient ainsi le même résultat qu'avec un appareil sans inertie, mais ces compensations ne semblent possibles, jusqu'ici, que pour l'observation et la mesure des courants électriques.

Observation indirecte. — L'observation indirecte est basée en principe sur la stroboscopie, et consiste à ralentir le phénomène périodique et à obtenir l'ensemble de ses phases en les cueillant successivement dans un grand nombre de périodes. La période de l'appareil d'observation peut être alors très grande par rapport à celle du phénomène observé, pourvu que la durée de l'ensemble des périodes sur lesquelles sont recueillies les diverses phases soit elle-même très grande devant la durée de l'oscillation propre de l'appareil d'observation. L'arcoscope, l'ondographe et le pressiographe sont basés sur ce principe.

Pour résumer en peu de mots la caractéristique de chaque appareil, on peut dire que, les premiers obéissent au doigt et à l'œil ; les seconds à coups de trique ; et que les troisièmes accomplissent leur tâche en prenant leur temps.

Méthode directe. — Pour qu'un appareil d'observation suive exactement un phénomène donné, il faut qu'il satisfasse aux conditions suivantes : 1° Période d'oscillation très courte par rapport à celle du phénomène à étudier : 2° amortissement voisin de la périodicité critique ; 3° causes perturbatrices propres à l'appareil aussi réduites que possible ; 4° sensibilité suffisante.

Il n'est pas toujours commode de satisfaire à toutes ces conditions à la fois, mais parmi les appareils qui y satisfont d'une façon pratique satisfaisante, nous en signalerons deux : le manographe de MM. Hospitalier et Carpentier, spécialement établi pour l'étude des moteurs thermiques à explosion à grande vitesse, et l'oscillographe de M. A. Blondel, destiné à l'étude des courants alternatifs.

M. Hospitalier décrit ces deux appareils et projette les courbes obtenues à l'aide du manographe sur un moteur à explosion en faisant varier l'avance à l'allumage.

Méthode indirecte. — M. Hospitalier expose le

En 1893, lors de l'Exposition de Chicago, la même question s'était déjà posée ; on s'était demandé si, vraiment, après le bill Mac Kinley, il était encore utile, pour la France, d'aller exposer ses produits aux Etats-Unis. La question fut résolue dans le sens de l'affirmative. Les raisons d'ordre économique qui ont décidé les industriels français à se rendre à Chicago en 1893 sont les mêmes qui les incitent à se rendre à Saint-Louis en 1904.

Après l'Exposition de Chicago, en 1894, nous faisions avec les Etats-Unis un chiffre d'affaires de 512 millions; aujourd'hui, Messieurs, notre commerce général, avec ce même pays, est de 720 millions. Et si nous nous reportons au détail de ces chiffres — car il faudrait savoir si ce sont seulement les exportations ou les importations qui ont augmenté, l'argument pouvant se retourner contre nous — nous constatons que nos exportations aux Etats-Unis étaient de 185 millions en 1894 et qu'elles ont été en 1901 de 239 millions et qu'en 1899 et en 1900, elles atteignaient même 255 millions.

Examinons maintenant dans quelles conditions se présente cette exposition.

Saint-Louis est une ville d'origine française. En la visitant, il y a quelques semaines, j'y ai retrouvé beaucoup de souvenirs français; malheureusement on y parle peu notre langue. Nous avons fait beaucoup d'efforts, il y a deux siècles, pour assurer notre influence, mais depuis que nous avons abandonné ce vaste territoire, nous n'avons rien fait pour la maintenir et il serait vraiment désirable que cette Exposition fût la cause de liens à renouer dans cette partie de l'Amérique, où nous sommes accueillis avec tant de sympathies.

La ville de Saint-Louis sur le Mississipi est la quatrième ville des Etats-Unis comme importance au point de vue de la population. Placée sur la route de New-York à San-Francisco, c'est un centre commercial de tout premier ordre. Il n'est pas douteux, d'autre part, que la situation géographique de Saint-Louis engagera beaucoup d'habitants de l'Amérique du Sud à venir se rendre compte de l'état de l'industrie et du commerce en l'an 1904.

Cette Exposition, Messieurs, va dépasser en importance tout ce qui a été fait jusqu'à ce jour. Je ne sais si nous devons nous en féliciter, mais il faut constater que les Américains vont tenter un effort considérable. Ils ont affecté un emplacement de 400 hectares à l'Exposition. L'exposition de Chicago qui était immense ne couvrait que 230 hectares; notre Exposition de Paris n'avait que 130 hectares. Vous vous rendez compte, Messieurs, de l'importance de cette Exposition, tout au moins au point de vue de la superficie occupée.

Des sommes énormes sont engagées dès à présent par le Gouvernement, les Etats, les villes, pour construire des palais et pour faire de cette Exposition le World's Fair.

Une des grandes difficultés que nous avons eues à Chicago en 1893 a été le mode d'attribution des récompenses et la question du règlement du jury. Vous savez tous, Messieurs, que nous avons été obligés, en 1893, de nous mettre hors concours, parce que nous ne pouvions pas accepter les règles posées par le jury américain. Ce fut là une situation très fâcheuse, très regrettable pour nos industriels et qui aurait pu leur causer un grave préjudice.

D'autre part, nous avons été très mal partagés, à Chicago, au point de vue des emplacements. Je lisais encore, à ce sujet, il y a quelques jours, l'intéressant rapport du délégué de la Chambre de Commerce de Paris qui constatait avec tristesse que d'autres nations avaient été beaucoup mieux traitées que nous à Chicago, notamment l'Allemagne.

Le défaut de place et la question des récompenses nous ont fait une situation désavantageuse et beaucoup d'industriels ont conservé le fâcheux souvenir de ces difficultés ainsi que de l'incendie qui détruisit une partie de la section française.

Aussi le devoir du commissaire général de la France, en la circonstance, était-il tout d'abord de s'entourer des garanties nécessaires avant de venir solliciter les industriels et négociants français de prendre part à l'Exposition de Saint-Louis. Le Gouvernement français avait fait acte de déférence en répondant à l'invitation que lui avait adressée le Gouvernement des Etats-Unis, mais cela n'impliquait pas nécessairement que les industriels français le suivraient dans la circonstance. Il importait pour cela que l'Administration leur assurât les garanties qui leur avaient fait défaut à Chicago.

J'exposai cette situation au président de l'Exposition de Saint-Louis et je lui demandai avant tout que le règlement du jury et des récompenses s'inspirât des règles posées en 1900 à Paris, ces règles ayant été acceptées par toutes les nations et faisant par conséquent autorité en la matière.

J'ai le grand plaisir de vous faire connaître que les américains se sont rendus à mes instances et que le règlement du jury qui sera appliqué à l'Exposition de Saint-Louis est copié sur le règlement de l'Exposition de Paris en 1900. Sur ce point, Messieurs, nous avons donc satisfaction.

En ce qui concerne la question des emplacements, étant donné que l'Exposition est faite pour commémorer la cession de la Louisiane par la France, je désirerais que nous eussions une place d'honneur et un emplacement assez considérable pour éviter les risques d'incendie provenant du fait des constructions voisines, comme à Chicago en 1893.

L'Administration américaine me donna également satisfaction à ce sujet en attribuant à la France un espace de 32 000 mètres carrés, sur les 140 000 mètres carrés concédés aux puissances étrangères en tant que bâtiments nationaux.

C'est vous dire, Messieurs, que nous occuperons non seulement la place d'honneur, mais la place la plus importante parmi les nations étrangères dans l'Exposition de Saint-Louis. Les Américains ont même tenu à faire ressortir cette situation sur le plan officiel qu'ils viennent de publier.

En ce qui concerne les emplacements dans les palais,

je m'en suis préoccupé dès le mois de juin dernier, en conférant, à Saint-Louis même, avec les chefs de service de l'Exposition et j'ai dès à présent fait réserver pour la France, dans chaque palais, un emplacement double de celui que nous occupions à Chicago en 1893, et situé dans l'endroit le plus favorable. J'ai pris simplement l'engagement d'indiquer dans quelques mois, d'une manière précise, la place que je conserverai définitivement. Il dépendra de vous, Messieurs, d'utiliser ces emplacements. Sur ce point, nous avons donc encore satisfaction.

En ce qui concerne la classification des produits, vous vous rappelez, Messieurs, qu'en 1893 les Américains avaient voulu faire une innovation. Ils avaient modifié complètement le système qui avait été jusque-là suivi dans les expositions et imaginé une autre méthode de classification.

A Saint-Louis la classification a été copiée sur celle de notre Exposition de 1900, en y apportant quelques petites modifications de détail rendues nécessaires par le développement de certaines industries aux Etats-Unis.

Par conséquent, Messieurs, nos organisations de comités prévues dans les Expositions antérieures répondront au cadre tracé par les Américains.

Il me reste deux questions dont je veux vous dire un mot, bien qu'elles ne soient pas complètement résolues, mais pour vous montrer qu'elles ont fait l'objet des préoccupations du commissariat général.

Il s'agit des transports et des assurances. Ce que je puis vous dire dès à présent, à titre d'indication, c'est que les prix de transports et d'assurances que supporteront les exposants français à Saint-Louis ne seront pas supérieurs aux prix qu'ils ont payés en 1893 à Chicago.

Projet d'uniformisation des conditions de réception des machines et transformateurs électriques. — On se souvient peut-être qu'à la suite de la publication dans ce journal (t XXI, p 96, 21 oct. 1899) des règlements de l'American Institute of Electrical Engineers concernant les essais du matériel électrique, M. C.-F. Guilbert faisait observer qu'une réglementation du même genre sera des plus utiles en France aussi bien qu'aux États-Unis.

Sur l'initiative de M. Guilbert, l'Association amicale des Ingénieurs électriciens s'occupait immédiatement de la question et, au commencement de l'année 1900, réunissait ingénieurs, constructeurs et exploitants en vue d'examiner dans quel sens devait être étudié un projet de réglementation. Plusieurs constructeurs, délégués du Syndicat des Industries électriques, ayant exprimé la crainte que cette réglementation ne rendit encore plus draconiennes les conditions des cahiers des charges, la question fut momentanément abandonnée ; toutefois, dès juin 1900, l'Association amicale publiait une note reproduite ici (t XXIII, p. CXXX, 16 juin 1900) dans laquelle se trouvait réfuter l'objection précédente.

Depuis cette époque la question de la réglementation des essais a été reprise par les Sociétés d'électriciens d'Angleterre, et d'Allemagne et il semble bien résulter des discussions auxquelles elle a donné lieu que les avantages certains d'une telle réglementation sont hors de comparaison avec les quelques inconvénients qui pourraient en résulter.

Les constructeurs français paraissent avoir enfin admis cette manière de voir. Dans la séance du 4 novembre dernier, la première commission permanente du Syndicat des Industries électriques a en effet adopté le questionnaire suivant qui sera adressé à chaque constructeur :

Echauffement. — Quel échauffement proposez-vous ? 1° Pour les bobinages des machines dynamos ? 2° Pour les bobinages des transformateurs ? 3° Pour les parties métalliques ? 4° Après combien d'heures de marche normale ?

Vérification des isolements. — 1° Par courants alternatifs ; quel rapport proposez-vous, entre la tension d'épreuves et la tension de marche entre le bobinage et la masse ? 2° Quelle durée de l'épreuve proposez-vous ? 3° La mise sous tension doit-elle être brusque ou progressive ? 4° Par résistance minima au pont ; quelle résistance proposez-vous à chaud à la température définie ci-dessus ?

Rendement. — Quelle méthode proposez-vous ? 1 Pour les machines à courant continu ? 2° Pour les machines à courants alternatifs ? 3° Pour les transformateurs ?

Surchage. — Quelle surchage proposez-vous ? 1° Pour un à-coup instantané ? 2° Pour une demi-heure ? 3° Pour une heure ?

Facteurs de puissance. — 1° Faut-il définir les facteurs de puissance minima pour les moteurs à courants alternatifs ? 2° Dans l'affirmative quels sont ceux que vous proposez ?

Limite de chute de tension. — Faut-il indiquer une limite maxima de la chute de tension ? 1° Sur circuit non inductif ? 2° Sur circuit inductif ? Dans l'affirmative quelle limite proposez-vous ?

Dessins à remettre. — Faut-il dans les soumissions, lorsqu'ils sont demandés, remettre des dessins qui pourraient permettre l'exécution, ou simplement des dessins d'ensemble permettant le montage.

Les prix Nobel. — La distribution solennelle de ces prix a eu lieu le 10 décembre en présence du roi de Suède.

Le prix de physique a été accordé à MM. Lorentz et P. Zeeman ; M. Fischer, de Berlin, reçoit le prix de Chimie ; les prix de médecine, de littérature sont attribués à M. Ronald Ross, de Liverpool et à M. Mommsen, de Berlin. Le prix dit de la « Paix » est partagé entre M. Élie Ducommun, secrétaire honoraire du bureau international de la paix, à Berne, et M. Albert Gobat, secrétaire dudit bureau.

LITTÉRATURE DES PÉRIODIQUES ET BREVETS

Théorie.

Sur les dimensions des atomes ou ions, par Ridout. *Revue scientifique*, 4° série, t. XVIII, p. 728, 6 déc. 1902, d'après *Transactions of Physical Society*, Londres. — Dans ce mémoire l'auteur évalue les dimensions des atomes dissociés ou ions considérés comme la quantité minimum de matière pouvant participer à une action électrolytique. L'élément choisi était l'hydrogène et l'auteur conclut que, en nombre rond, 114 millions et demi

d'atomes sont nécessaires pour former une ligne de 1 cm de long. Les atomes sont considérés comme sphériques et en contact intime; pour faciliter les calculs il est supposé que le contact est tel que le centre d'une sphère soit immédiatement au-dessus du centre de la sphère sur laquelle elle repose. Dans ces conditions, le volume total des sphères nécessaires pour remplir un cube donné est égal à celui de la sphère autour de laquelle le cube est décrit. Les capacités électriques des sphères isolées étant proportionnelles à leurs diamètres, il s'ensuit que la capacité totale d'un nombre donné de sphères est égal à la capacité d'une sphère unique dont le diamètre serait égal à la somme des diamètres des petites sphères. Cette méthode de calcul permet de fixer les limites supérieure et inférieure des dimensions des atomes. Dans la discussion qui suit la communication, lord Kelvin fait remarquer que la valeur obtenue pour le diamètre d'un ion d'hydrogène est à peu près exactement la moitié de celle qu'il a obtenue de son côté pour le diamètre d'une molécule d'hydrogène; mais il n'y a peut-être là qu'une simple coïncidence. Lord Kelvin rappelle que la théorie atomique de l'électricité, aujourd'hui à peu près universellement adoptée, a été enseignée par Faraday et Clerk-Maxwell et définitivement proposée par Helmholtz. Les atomes d'électricité sont beaucoup plus petits que les atomes de matière et passent librement à travers les espaces occupés par ceux-ci. Si les électrons ou atomes d'électricité réussissent à sortir des atomes de matière, ils procèdent avec la vitesse de la lumière et le corps est radioactif; il n'est donc pas surprenant que certains corps offrent des propriétés radio-actives, il faudrait plutôt s'étonner de ne pas rencontrer ces propriétés dans toutes les formes de matière.

Conductivité électrique acquise par l'air provenant d'une soufflerie à eau, par Pochettino et Sella. *Rendiconti dell'Accad. dei Lincei*, t. XI, p. 527, 1902. — Les auteurs ont précédemment remarqué que l'air provenant d'une soufflerie à eau, desséché, désélectrisé et débarrassé des poussières, présente une conductibilité plus grande que l'air atmosphérique ordinaire. Les dernières expériences des auteurs confirment ce résultat. L'air en expérience traverse deux bouteilles d'acide sulfurique, 5 tubes en U remplis de chlorure de calcium, deux tubes contenant de la ouate légèrement comprimée puis passe dans l'intervalle annulaire d'un condensateur cylindrique et arrive à l'appareil de mesure constitué par un plateau isolé placé dans une boite métallique, puis il sort dans l'atmosphère. Le plateau est muni d'une tige qui traverse par bouchon de diélectrine la boîte de garde et se termine par les deux feuilles minces d'aluminium d'un électromètre d'Exner. Les déviations sont mesurées au microscope. En soufflant de l'air avec un soufflet ordinaire, ou une poire en caoutchouc, la dispersion est la même qu'en laissant l'air au repos. Mais si l'air provient de la soufflerie à eau la dispersion est 4 fois plus rapide, que le plateau soit électrisé positivement ou négativement. Ceci prouve que l'air est bien désélectrisé et élimine l'électrisation due au barbotement dans l'eau. Si l'on maintient une différence de potentiel constante entre les armatures du condensateur cylindrique, l'air perd un peu de ses propriétés conductrices. Les auteurs n'ont pu donner une explication satisfaisante du phénomène.

G. G.

La radio-activité de la pluie, par T.-R. Wilson. *Revue scientifique*, 4e série, t. XVIII, p. 728, 6 déc. 1902, d'après une communication faite à la *Philosophical Society* de Cambridge, 27 octobre 1902. — Dans une note antérieure, du 5 mai 1902, l'auteur décrivait des expériences qui avaient permis de constater qu'un récipient ayant contenu de la pluie fraîchement tombée et évaporée à siccité, offrait des propriétés radio-actives durant quelques heures. Ces expériences ont été renouvelées avec succès à plusieurs reprises et M. Wilson rend compte de ses nouveaux travaux dans cette voie par un mémoire plus étendu. L'amplitude de l'effet obtenu d'une quantité donnée de pluie a toujours été à peu près de même ordre que la pluie ait tombé par grosses gouttes ou en gouttes fines, qu'elle ait été recueillie de jour ou de nuit, au commencement d'une averse ou après quelque temps de pluie violente continue. Une fois pourtant, durant un orage, un effet anormal a été constaté. La radio-activité se manifeste également bien, que l'ébullition de la pluie soit pratiquée dans un récipient de platine ou dans un récipient de porcelaine; avec ces derniers la radio-activité ressemble à certains égards à la radio-activité induite obtenue sur les fils à charge négative; 190 cm^3 de pluie laissent un précipité suffisamment radio-actif pour augmenter l'ionisation dans le récipient d'essai de cent fois environ sa valeur normale : pour pénétrer le récipient, les rayons avaient à traverser une couche d'aluminium d'environ 0,0003 cm d'épaisseur. L'intensité de la radio-activité tombe à environ un quart de sa valeur initiale en une heure, comme celle obtenue par évaporation. Des précipités similaires obtenus d'eau de pluie conservée vingt-quatre heures restent tout à fait inactifs.

Génération et Transformation.

Régulation des machines motrices actionnant des alternateurs, par G.-R.J. Parkinson, — *Electrical Review* (Londres), t. LI, p. 932-933, 5 décembre 1902. — Les oscillations qui s'établissent entre deux alternateurs couplés en parallèle ont une période définie qui dépend du moment d'inertie des volants. Si les couples moteurs sont réguliers et si les machines marchent à puissance constante, ces oscillations sont promptement amorties par les courants de Foucault qui prennent naissance dans les pôles ou dans les enroulements spécialement disposés à cet effet. Les deux conditions précédemment mentionnées, couple-moteur régulier et puissance constante, sont indispensables au fonctionnement en parallèle. On satisfait à la première en employant un volant suffisamment lourd et en réglant soigneusement la distribution de vapeur. La seconde condition, celle de la puissance constante, dépend du régulateur. On prescrit souvent de commander par un régulateur commun les machines qui

conduisent des alternateurs couplés en parallèle, mais l'auteur regarde cette solution comme maladroite. Il est d'avis d'adapter aux machines, ou bien un régulateur très éloigné de l'isochronisme, ayant par exemple une chute de vitesse de 6 ou 7 p. 100, ou bien dans le cas d'une charge à variations brusques, un régulateur ayant une chute de vitesse moindre, soit 3 ou 4 p. 100, mais dont l'action ne soit pas trop rapide ; cet effet s'obtiendra par exemple avec un régulateur à ressort muni d'un dashpot puissant. P. L.

Méthode pour déterminer le rendement des dynamos, par J.-R. Ashworth. *Electrical Review* (Londres). t. LI, p. 887-889, 28 novembre 1902. — L'auteur rappelle qu'il a proposé en 1893 de déterminer la puissance mécanique fournie à une génératrice électrique en observant la variation de puissance vive de l'armature dans les conditions de charge normale. La méthode consistait à lancer la machine à une vitesse un peu plus grande que celle à laquelle on veut déterminer le rendement, puis tandis qu'elle fournissait sa puissance normale, à débrayer la commande et à déterminer l'accélération négative de l'armature. Désignant par I le moment d'inertie de l'armature, par $\omega = 2\pi n$ la vitesse angulaire, on aura $\frac{1}{2} I \omega^2 =$ la puissance vive et $I \omega \frac{d\omega}{dt} =$ la variation de puissance vive. Telle serait l'expression de la puissance nécessaire pour maintenir l'armature en mouvement à la vitesse ω. Dans les machines à rendement élevé, où la puissance débitée produit un effort retardateur très grand, la baisse de vitesse serait trop rapide pour permettre une mesure exacte de $\frac{d\omega}{dt}$, à moins que le moment d'inertie de l'armature et de ses dépendances ne fut très grand. — Mais on peut appliquer ce principe d'une autre manière. M. Routin (*Eclairage Electrique*, 24 octobre 1896) se sert de l'expression $I \omega \frac{d\omega}{dt}$ pour déterminer les pertes par hystérésis, frottement, résistance de l'air et courants de Foucault, qui sont dans son essai les seuls couples retardateurs. C. Liebenow et le professeur A. Hay ont rendu compte d'expériences faites par eux sur le même sujet. Pour la détermination du moment d'inertie I, l'auteur propose la méthode suivante : on trace deux courbes d'accélération négative, une pour l'armature seule et l'autre pour l'armature chargée d'un disque volant dont le moment d'inertie est connu. Soit alors $\left(\frac{d\omega}{dt}\right)_A$ la valeur fournie par la courbe d'accélération négative avec l'armature seule, pour une vitesse donnée, $\frac{d\omega}{dt}$ la valeur correspondant à la même vitesse quand le volant est fixé à l'arbre, I_A le moment d'inertie de l'armature, I_w celui du volant, I celui de l'ensemble ; on a

$$I_A = I_w \frac{\frac{d\omega}{dt}}{\left(\frac{d\omega}{dt}\right)_A - \frac{d\omega}{dt}}$$

et

$$I = I_A + I_w$$

L'auteur décrit ensuite une application de cette méthode par M. Robert Beattie au laboratoire Hopkinson du Owen's College de Manchester sur une dynamo série de 4 500 watts, marchant à 1 200 tours par minute. Un essai comparatif par la méthode électrique a donné des résultats assez concordants avec ceux de l'essai dynamique. P. L.

Sur les clapets électrolytiques, par A. Soulier. *Industrie électrique*, t. XI, p. 522-523, 25 nov. 1902. — Dans cet article, l'auteur, après un historique succint de la question, décrit quelques expériences faites par lui et signale quelques applications de ces appareils. Voici ce qu'il écrit : L'appareil dont nous nous sommes servi se compose d'un flacon à large goulot fermé par un bouchon en liège percé de deux fentes étroites. Deux lames métalliques, l'une en aluminium, l'autre en plomb doux, traversent le bouchon chacune par une fente et pénètrent dans le vase ; elles sont munies de bornes. Ces lames ont 3 cm de largeur, 15 cm de hauteur et 2 mm d'épaisseur. On verse dans le vase une solution de phosphate de potassium ou de sodium ; il est souvent plus simple de verser de l'eau et d'ajouter des cristaux de l'un de ces deux sels ; ils se dissoudront et, si on a eu soin d'en mettre un léger excès, ils maintiendront la solution saturée. Le clapet est prêt à fonctionner, mais auparavant il faut le *former*. La formation se fera facilement en faisant passer dans le clapet un courant continu dont on changera le sens toutes les cinq minutes ; il suffit, pour cela de mettre l'appareil en circuit sur 110 volts en intercalant dans le circuit une lampe à incandescence de 16 ou de 32 bougies. On se rendra compte des progrès de la formation par les variations d'éclat de la lampe au moment des inversions du courant. La lampe brillera d'un vif éclat lorsque le courant ira du plomb à l'aluminium à travers le clapet ; cet éclat diminuera graduellement lorsque l'on inversera le courant ; il arrivera un moment où la lampe s'éteindra complètement, ce qui correspond à la formation complète du clapet. A partir de ce moment, on repèrera la hauteur du liquide dans le vase, de façon à la ramener à cette valeur lorsque, au bout de plusieurs semaines, le niveau aura baissé par suite de l'électrolyse et de l'évaporation. Si on ajoutait du liquide au-dessus de ce niveau, on serait obligé de former la partie de la lame d'aluminium que le liquide n'aurait pas encore touchée. Le première application du clapet aux usages pour ainsi dire... domestiques, est la charge des petits accumulateurs employés pour l'allumage des moteurs à pétrole de voitures automobiles soit avec du courant continu soit avec du courant alternatif de fréquence ordinaire. Avec le courant continu cet appareil n'est pas indispensable ; il sert simplement de disjoncteur ; son rôle se borne à empêcher le courant de la petite batterie de retourner vers la génératrice si, pour une cause quelconque, cette dernière vient à s'arrêter. Un cas particulièrement intéressant est celui où les accumulateurs se rechargent sur la voiture même pendant la marche, lorsqu'on dispose d'une petite dynamo mue par le moteur à pétrole. On aura soin de relier la lame de plomb du clapet au pôle négatif de la batterie et la lame d'aluminium au pôle négatif de la source, les pôles positifs de la source et de la batterie étant eux-mêmes reliés ensemble, avec ou sans interposition de rhéostat. On voit facilement que, dans ces conditions, la batterie pourra se charger, mais le clapet se fermera sitôt que le courant se renversera et tendrait à aller des accumulateurs vers la dynamo. La charge de la même batterie se fait aisément avec du courant alternatif. Le montage est le même, avec cette différence que l'on a pas à se préoccuper des pôles du générateur. De plus, le rhéostat n'a plus besoin d'être aussi résistant qu'avec du courant continu ; on observe en effet aux bornes du clapet une différence de potentiel bien supérieure à celle que l'on observe avec le courant continu, toutes choses égales d'ailleurs ; cette augmentation est due aux phénomènes de capacité dont le clapet est le siège. Nous donnons ci-dessous un tableau des différentes valeurs trouvées en chargeant une batterie de deux accumulateurs : 1° sur du courant continu, et 2° sur du courant alternatif à 50 périodes par seconde ; la tension des génératrices et l'intensité du courant étant sensiblement les mêmes dans les deux cas et mesurées par les mêmes appareils thermiques.

	Courant continu.	Courant alternatif à 50 périodes : s.
Différence de potentiel aux bornes de la source, en volts	120	120
Différence de potentiel aux bornes du clapet, en volts	6,5	60
Intensité du courant de charge, en ampère	1,3	1,3
Résistance apparente calculée, en ohms	4,2	46

Dans les deux cas, la longueur immergée de la lame d'aluminium atteignait 6 cm, la surface totale plongeant dans le liquide était donc de 38,4 cm² et la densité de courant était sensiblement de 3,3 ampères par décimètre carré. Le clapet électrolytique peut encore être employé pour la mesure des résistance de liquides ou même celle des prises de terre de paratonnerre. On sait que, dans ces cas, on est obligé d'employer un pont de Wheatstone comportant non plus une pile, mais une source de courant alternatif; l'équilibre s'observe en écoutant dans un téléphone qui remplace le galvanomètre. Théoriquement le téléphone doit devenir silencieux lorsque les bras satisfont à la relation bien connue ; pratiquement, le bruit, passe par un minimum, mais ne s'éteint jamais complètement, ce qui rend la mesure délicate. Si on remplace le téléphone par un galvanomètre dans le circuit duquel on insère un clapet du genre de celui précédemment décrit, le courant sera redressé dans la partie qui va au galvanomètre, et la mesure se fera aussi aisément qu'avec du courant continu. Les clapets électrolytiques trouvent encore une application dans les toutes petites industries pour actionner de petits moteurs à courant continu avec du courant alternatif, pourvu cependant que les inducteurs soient feuilletés, le courant qui les traverse étant fortement ondulatoire. On sait que de semblables moteurs peuvent, avec une modification dans l'enroulement, fonctionner sur du courant alternatif, mais ils donnent lieu à de fortes étincelles qui détériorent les collecteurs. En utilisant le clapet, la marche est bien meilleure, mais dans cette application comme dans les précédentes, il ne faut pas oublier que le clapet absorbe une certaine quantité d'énergie se traduisant par un échauffement de l'appareil. Le rendement de cet appareil reste à examiner, aussi n'avons-nous cité que les applications où il n'entre pas en ligne de compte.

Pile primaire et secondaire dont le dépolarisant est un sel supérieur des halogènes, par Rosset. Brevet français 319532, du 12 mars 1902. — Comme dépolarisant on peut employer les tétrachlorures ou tétrafluorures de manganèse ou de plomb. L'électrolyte peut être une solution d'acide chlorhydrique avec ou sans acide sulfurique, ou encore du tétrachlorure de manganèse $MnCl^4$ en solution chlorhydrique avec ou sans acide sulfurique. De toutes façons, il faut employer une solution acide, car la réaction suivante serait obtenue :

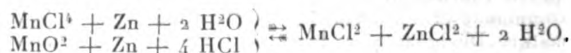


$$MnCl^4 + 2\,H^2O \rightleftarrows MnO^2 + 4\,HCl$$

Le dépolarisant se prépare soit à l'intérieur de la pile, soit en dehors.

Le pôle positif est constitué par du charbon, le pôle négatif, par une lame de zinc ou de tout autre métal convenable. L'addition d'un chlorure alcalin donne de la stabilité à $MnCl^4$; d'autre part, il faut remarquer qu'un acide trop concentré décompose $PbCl^4$.

Dans le cas d'emploi du tétrachlorure de manganèse, on a les réactions suivantes :



$$\left.\begin{matrix} MnCl^4 + Zn + 2\,H^2O \\ MnO^2 + Zn + 4\,HCl \end{matrix}\right\} \rightleftarrows MnCl^2 + ZnCl^2 + 2\,H^2O.$$

Dans un des types de pile, on constitue celle-ci à l'aide d'un bac en ébonite dans lequel alternent des plaques de charbons et de zinc, les premières reposant sur un faux fond ajouré pour laisser passer les plaques de zinc dont la partie inférieure baigne dans une couche de mercure qui établit les connexions entre les différentes plaques de zinc. Les connexions des lames de charbon sont faites par une lame en cuivre.

Dans un autre type, le tétrachlorure de manganèse est formé dans la pile même, le bioxyde de manganèse qui sert à sa préparation étant placé entre les parois du récipient et les plaques de charbon ; celles-ci sont perforées de façon à laisser passage à l'acide chlorhydrique.

L'inventeur fait application d'un liquide isolant, hydro-

carbure, le pétrole, par exemple, plus léger ou non que l'électrolyte et formant une couche dans laquelle ou au-dessus de laquelle débouche le liquide excitateur. Cette disposition est prise en vue d'isoler électriquement les différents bacs qui peuvent être réunis par la même canalisation d'électrolyte, pour la circulation, le remplissage ou la vidange.

Perfectionnements apportés à la fabrication de la matière active pour plaques d'accumulateurs électriques, par Sussman. Brevet français 319550, du 13 mars 1902. — On fait usage ici de sulfate d'urée CO $(AzH^2)^2$, $2 H^2So^4$ ainsi que de sucre de canne que l'on mélange aux oxydes de plomb (litharge, minium, etc.). Le meilleur mélange à employer est le suivant : 1,5 à 2 parties de sulfate d'urée pour 6 parties d'eau. On prend une partie, en volume, de cette solution qu'on additionne de 1,5 à 2 parties, en volume, d'une solution d'acide sulfurique de densité 1,200. Lorsqu'on désire des plaques poreuses mais néanmoins dures, on ajoute du sucre de canne. L'oxyde de plomb et le sucre de canne sont mélangés intimement, puis avec la solution de sulfate d'urée et d'acide sulfurique. L'acide entre en combinaison avec la litharge et quand l'urée est libérée de l'acide sulfurique, elle entre en combinaison avec le sucre et l'oxyde de plomb pour produire, d'après l'inventeur, une action chimique dont le résultat est du sucrate de plomb qui donne à la plaque de la rigidité. Pendant la formation, le sucre est dissous et la plaque est ainsi rendue extrêmement poreuse. La matière est moulée et on coule le plomb autour ; ou bien encore on empâte des quadrillages quelconques. L. J.

Perfectionnements aux accumulateurs électriques, par Delplanque. Brevet français 318555, du 10 février 1902. — D'après cet inventeur, il ne faudrait considérer, dans les accumulateurs, que la propriété catalytique. Aussi cherche-t-il à donner pendant la charge et la décharge l'oxygène et l'hydrogène nécessaires aux réactions qui ont lieu dans les accumulateurs à base de plomb, de charbon ou de tous autres métaux ayant des propriétés analogues (?). A cet effet, il construit des électrodes en plomb spongieux ou en mousse de plomb, de platine, etc. Les positives et les négatives étant séparées par des cloisons isolantes, il introduit, dans l'élément déchargé, de l'hydrogène sous pression ainsi qu'une petite quantité d'oxygène ou d'air et il met en charge. Pendant cette charge, les négatives absorberaient de l'hydrogène et libéreraient de l'oxygène dont la positive s'emparerait. Le brevet ajoute qu'il « peut être nécessaire » d'imbiber d'eau acidulée les cloisons séparatrices. L'élément étant chargé, on ferme l'arrivée de gaz. Pendant la décharge, il se produirait une oxydation de la négative, avec libération d'hydrogène et une réduction de la positive avec libération d'hydrogène.

Perfectionnements apportés aux accumulateurs, par Canellopoulos. Brevet français 318727, du 15 février 1902. — Afin d'obtenir des plaques très poreuses, les oxydes de plomb ne l'étant pas suffisamment d'après l'inventeur, celui-ci prend un corps poreux quelconque, ou rendu poreux par traitement chimique ou autre. D'autre part, il prépare une solution de sels de plomb ou autres, dans laquelle il trempe le corps poreux de façon à lui faire absorber une quantité convenable de sels (si la solution est faible, on trempe et on sèche la plaque plusieurs fois jusqu'à absorption de la quantité voulue). On réduit ensuite les sels absorbés en métal ou oxyde puis on lave la plaque. Ainsi construite une telle plaque aurait, d'après l'inventeur, les qualités suivantes : rendement élevé, poids et volume minimes, absence de déformation à tous régimes. Au lieu de produire l'introduction des sels par immersion, il revendique aussi (ce qui n'est pas de la première nouveauté) l'emploi d'un mélange des corps poreux pulvérulents avec les sels des métaux, de façon à former une pâte homogène dont on constitue la plaque.

Perfectionnements aux électrodes d'accumulateurs, par Gouin. Brevet français 318912, du 21 février 1902. — L'électrode comprend une âme centrale conductrice constituée par une tige en plomb de section quelconque. Cette tige est placée dans un tube-enveloppe en plomb, de forme cylindrique ou autre, et comportant de larges évidements. A l'intérieur de ce tube en plomb, et contre sa surface interne, on applique un tube formé d'une lame en matière isolante perforée de petits orifices; ce tube isolant peut être, par exemple, en ébonite ou en celluloïde. Le tube-enveloppe est fermé à sa base par un fonds faisant corps avec lui ou avec l'âme centrale. L'espace annulaire de l'électrode ainsi fabriquée est rempli de matière active. L'avantage de cette construction serait la répartition uniforme du courant dans toute la matière active, celle-ci étant, d'autre part, retenue mécaniquement et ne devant ni tomber ni produire de cours-circuits. L. J.

La station centrale de Berdmondsey. *Electrical Review* (Londres), t. L, p. 263-267, 24 février 1902. — Cet ancien district de la métropole offre le premier exemple d'une autorité locale entrant en concurrence avec une Compagnie existante pour la fourniture de l'énergie électrique. Les bâtiments de la nouvelle station comportent une salle de machines avec installation pour la destruction des ordures, une salle de pompes et de ventilateurs, une autre pour les accumulateurs et, enfin, les bureaux. La salle des machines mesure 152 m. sur 129 m, est munie d'un pont roulant de 10 tonnes et limitée provisoirement par une cloison en fer galvanisé. Les fondations des machines reposent sur un lit de béton de 2,50 m d'épaisseur pour atténuer les vibrations. Les 3 chaudières sont du système Babcock et Wilcox, travaillant à 11 kg par centimètre carré; chacune d'elles possède une surface de grille de 8,37 m², une surface de chauffe de 181 m². Le bâtiment de destruction mesure 240 m sur 180 m, il comprend six foyers capables de détruire 10 tonnes d'ordures par jour, chacun. La tuyauterie et les valves sont disposées de façon à assurer l'indépendance des groupes. 3 ventilateurs forcent 225 m³ d'air, dans les foyers, à une pression d'eau de 7,5 cm; et deux pompes peuvent délivrer chacune 7 200 litres d'eau à la pression des chaudières et prise sur un réservoir de 45 000 litres alimenté par la conduite de la ville. La machinerie se compose de 3 dynamos à vapeur, dont deux ont une puissance de 150 kilowatts, à 480-520 volts, 385 t: m. 6 pôles: et couplées à des machines à 3 bielles; la troisième est de 75 kilowatts. Une égalisatrice formée de 2 moteurs accouplés de 15 kilowatts, et 2 survolteurs de 8 kilowatts (80 ampères et 10-100 volts) accouplés à un moteur, complètent le système. La batterie d'accumulateurs Tudor est formée de 2 groupes de 140 éléments (type LB,11 avec vases en verre); sa capacité est de 300 ampères-heure. Un petit survolteur portatif sert à charger chaque élément individuellement s'il y a lieu. — La distribution est à 240 volts 3 fils, par câbles concentriques; l'éclairage public comprend 71 lampes à arc de 10 ampères, remplacées automatiquement à minuit par 2 lampes à incandescence. L'éclairage particulier comprend déjà 6 000 lampes de 8 bougies. P.-L. C.

Prix de revient de l'énergie électrique, par Alton D. Adams. *Engineering Magazine*, t. XXIV, p. 181-186, novembre 1902. — L'auteur remarque qu'on a peu de données sur le prix de revient de l'énergie électrique. Aux Etats-Unis, le Massachusetts est le seul Etat qui réunisse des chiffres se rapportant à ce sujet; il ne les publie d'ailleurs pas. La commission chargée de ce soin a cependant déclaré en 1901 les résultats suivants : le prix de production de l'énergie électrique varie de moins de 0,10 fr à plus de 0,35 fr par kw : h et le prix de distribution varie de 0,05 fr à près de 0,30 fr pour la même unité. L'auteur indique les causes de ces variations : dans une station électrique, la charge maxima survient et disparaît rapidement et ne dure guère plus d'une heure par jour. Le minimum de charge est ordinairement au-dessous de 20 p. 100 et la charge moyenne au-dessous de 50 p. 100 du maximum. Cela oblige à tenir quelques chaudières sous pression pendant un temps beaucoup plus long que celui où elles fournissent de la vapeur. De plus, les variations de charge empêchent de faire fonctionner toutes les machines à leur puissance normale. Enfin la transmission de l'énergie ajoute beaucoup à son prix de revient; il n'est pas rare que le prix de revient de l'énergie prise aux bornes de la dynamo s'accroisse de 50 à 75 p. 100 entre l'usine et les locaux des abonnés. Tous ces faits expliquent que l'expérience seule puisse guider l'évaluation des frais de production de l'énergie électrique. L'auteur cite quelques chiffres qui corroborent cette affirmation. P. L.

Détermination des tarifs de stations centrales, par C.-J. Spencer. — *Electrical World*, t. XL, p. 813, 22 novembre 1902. — Le système idéal de tarification, au point de vue du producteur, c'est celui où le prix de l'énergie consommée dépendrait de la charge générale du réseau au moment de la consommation. Tel serait par exemple le cas hypothétique d'une station centrale n'ayant aucun moyen d'agir sur la tension et tarifant à l'ampère-heure. Aux moments de forte charge, le voltage serait bas, et un ampère-heure ne représenterait pas autant d'énergie qu'aux moments de faible charge et de voltage élevé. Mais les variations de tension qui se produiraient rendent ce système impraticable. En fait, les Compagnies productrices d'énergie électrique ont recours à l'un ou l'autre des deux systèmes suivants : 1° faire payer une somme fixe par lampe et par cheval moteur installés, et une somme supplémentaire par kilowatt-heure; 2° tarifier le kilowatt-heure à un taux variant en raison inverse de la quantité d'énergie consommée. L'auteur expose une méthode graphique simple permettant de déterminer le tarif rationnel qu'on doit appliquer dans ce dernier système. P. L.

Transmission et Distribution.

La transmission d'énergie électrique de Cauvery Fall's (Inde). *Electrical Review* (New-York), t. XLI, p. 707, 22 novembre 1902. — Le gouvernement du Mysore (Inde) a fait construire une usine hydro-électrique pour utiliser les chutes de la rivière Cauvery, et la puissance est maintenant transmise aux mines d'or de Kolar, à 147 km de distance, où elle est appliquée au broyage du quartz aurifère et à la commande des compresseurs d'air qui actionnent les outils dans les mines. La hauteur de chute utilisée est de 120 m ; l'usine génératrice comprend six roues Pelton fournies par Escher, Wyss et Cie, de Zurich, couplées directement à six alternateurs de la General Electric Co, de Schenectady (Etats-Unis). La puissance de chaque turbine est de 1 250 chevaux, leur rendement est de 75 p. 100 à pleine charge et de 70 p. 100 à demi-charge. Les alternateurs fournissent 720 kilowatts, à la tension de 2 200 volts ; cinq d'entre eux suffisent à absorber la puissance totale, le sixième sert de réserve. Des transformateurs élèvent la tension à 30 000 volts. On a établi deux lignes de poteaux, éloignées de 18 m ; les trois fils que supporte chacune d'elles sont écartés de 1 m. Aux mines, la tension est abaissée à 2 300 volts pour les grands moteurs et à 220 volts pour les petits. La puissance des moteurs varie de 5 à 400 chevaux ; la plupart sont des moteurs d'induction, mais quelques-uns des plus grands sont du type synchrone, ce qui permet de réduire les courants déwattés. La ligne a été calculée pour une perte approximative de 20 p. 100 entre les générateurs et les moteurs. P. L.

Nouvelle transmission électrique de la « Snoqualmie Fall's and White River Company ». *Electrical Review* (New-York), t. XLI, p. 684, 15 novembre 1902. — Une installation hydro-électrique semblable à celle de Snoqualmie Falls sera établie très prochainement dans la vallée de la rivière Stuck. Le plan général consiste à détourner les eaux de la White River et à les amener par un canal long de 13 km jusqu'au lac Tapps. Ce lac, dont la superficie sera portée à 2 000 hectares par l'élévation de son niveau, servira de réservoir et de bassin de décantation ; il se déchargera par un canal et un tunnel de faible longueur aboutissant à une vanne située sur la crête de la colline qui domine la vallée de la Stuck. Des conduites d'acier relient la vanne aux turbines ; la hauteur de chute est de 150 m. Le projet de l'usine génératrice prévoit l'utilisation de 50 000 chevaux, mais on ne construira immédiatement que les bâtiments nécessaires pour une puissance de 10 000 chevaux. Les premiers générateurs seront deux alternateurs de 3 000 kilowatts et deux excitatrices du type Westinghouse. On construira aussi un bâtiment pour les transformateurs élévateurs de tension. Les distributions de Snoqualmie Falls et de la White River seront exploitées ensemble et serviront de réserve l'une pour l'autre. La nouvelle installation commencera à fonctionner dans un an. Les dépenses sont évaluées à 7 500 000 francs. P. L.

Applications mécaniques.

Pompe électrique Frank Pearn and Co, à triple corps de pompe. *Revue industrielle*, t. XXXIII, p. 482, 6 décembre 1902. — Cette pompe destinée aux mines d'or de la Cosmopolitan Proprietary Co, à Kookynie, est capable d'élever 112 500 litres d'eau par heure à une hauteur de 180 m ; elle est conduite, au moyen d'un harnais d'engrenages réducteurs, par un moteur électrique de 135 chevaux effectifs à 425 t : m alimenté sous 330 volts. Chaque corps est du type à plongeur ; le piston a 260 mm de diamètre et 380 mm de course. La description est accompagnée d'une vue d'ensemble.

Traction.

Le tramway interurbain de la vallée d'Oley. *Electrical World*, t. XL, p. 694-695, 1er novembre 1902. — Cette ligne peut être considérée comme le type des voies interurbaines qui se construisent aujourd'hui en grand nombre aux Etats-Unis. Elle part de Reading (Pennsylvanie). La puissance motrice est fournie par deux dynamos de 400 kilowatts et une de 800 kilowats, couplées directement à des machines à vapeur verticales et produisant du courant continu à 550 volts. Les six premiers kilomètres de la ligne font partie du réseau urbain et sont alimentés par des feeders partant des barres collectrices à 550 volts ; les 30 km du reste sont exploités d'après le système des sous-stations. Il y a cependant un feeder partant des barres collectrices qui s'étend sur toute la longueur de la ligne, il sert au démarrage des commutatrices et pourrait assurer le service de traction en cas d'accident sur la ligne à courant alternatif. A l'usine génératrice de Reading sont installées deux commutatrices de 400 kilowatts qui transforment le courant continu en courant triphasé dont la tension est élevée à 16 000 volts dans des transformateurs. Dans l'intérieur de la ville, le courant à haute tension est transmis par un câble armé et, au delà, par une ligne aérienne dont les poteaux supportent aussi le feeder à 550 volts. Deux sous-stations, situées l'une à 14, l'autre à 29 km de l'usine génératrice, et munies de transformateurs et de commutatrices, fournissent au trôlet aérien du courant continu à 550 volts. Les commutatrices, transformateurs, parafoudres, etc., ont été fournis pat la Stanley Electric Manufacturing Company. L'article donne la carte de la distribution. P. L.

Télégraphie et Téléphonie

Câble transpacifique américain de San Fancisco aux Philippines. *Journal télégraphique*, t. XXVI, p. 238, 25 oct, 1902, d'après *Electrical World and Engineer*. —

La question de l'établissement d'une communication télégraphique sous-marine à travers le Pacifique entre les Etats-Unis et les Philippines et de là avec la Chine a enfin trouvé sa solution. Deux projets avaient été soumis

à cet effet au Congrès américain lors de sa dernière session législative. Le premier tendait à ce que le câble fût posé et exploité par le Gouvernement lui-même, tandis que l'autre proposait d'accorder à la Commercial Cable Company la concession qu'elle avait demandée pour l'établissement de ladite ligne. Le Congrès s'est prononcé pour ce dernier projet, et le Gouvernement a consenti à la pose du câble transpacifique américain par la Commercial Cable C° sous les conditions fixées dans le memorandum ci-après : Le président, après avoir pleinement considéré la demande de concession de la Commercial Cable C°, consent à ce qu'elle puisse poser, construire, atterrir et exploiter des lignes de câbles télégraphiques sur la côte Pacifique des Etats-Unis et dans les différentes eaux territoriales des Etats-Unis, pour relier la cité de San Francisco, Californie, à la cité d'Honolulu, île de Chua dans l'Archipel d'Hawaï, et par la voie des îles Midway et de l'île de Guam à l'île de Luçon, îles Philippines, et de là à un point de la côte de l'empire de Chine non encore déterminé, sous les conditions suivantes : 1. Que la Compagnie ne soit pas déjà en possession d'une concession ou privilège exclusif, qu'elle ne soit pas associée et qu'elle ne s'associe pas avec une Compagnie ou entreprise qui ait une concession ou privilège empêchant toute autre Compagnie ou entreprise qui viendrait à se former aux Etats-Unis de l'Amérique du Nord d'obtenir le privilège d'atterrir son câble ou ses câbles sur les côtes de la Chine ou de les relier à d'autres lignes de câbles où à des réseaux aériens intérieurs de la Chine. — 2. Que le câble de la Compagnie ne touche à aucun point d'un territoire autre que celui des Etats-Unis sur sa route de ce dernier pays à l'empire de la Chine. La ligne des Philippines à la Chine sera construite par la Compagnie concessionnaire et exploitée par elle indépendamment de toute entreprise étrangère. — 3. Que les taxes à percevoir pour les télégrammes commerciaux soient modérés. (L'appendice au memorandum établit au sujet de ces taxes ce qui suit : il ne sera pas perçu plus de 50 cents par mot pour la transmission des télégrammes échangés entre San Francisco et Honolulu, et cette taxe devra être réduite à 35 cents par mot dans le délai de deux ans à partir de la mise en exploitation du câble de San Francisco à Honolulu. La taxe pour la transmission des télégrammes entre San Francisco et Manille ne pourra excéder 1 dollar par mot, et il en sera de même pour les correspondances entre San Francisco et la Chine. La Compagnie devra accepter les télégrammes du Gouvernement des Etats-Unis à raison de la moitié des taxes précitées. — 4. Que les télégrammes du Gouvernement des Etats-Unis; ou de tout département de ce Gouvernement, de ses fonctionnaires, officiers, agents et gouverneurs d'îles ou territoires, ainsi que les télégrammes adressés à ces autorités et fonctionnaires, soient transmis avant toutes les autres correspondances, à raison des taxes que le Postmaster General fixera chaque année. — 5. Que les Etats-Unis aient en tout temps le droit de racheter les lignes des câbles, la propriété et le matériel de la Compagnie Commercial Cable, au prix d'estimation fixé par arbitrage. — 6. Que le Gouvernement des Etats-Unis soit autorisé à prendre toute l'exploitation du dit câble sous son contrôle en cas de guerre ou dans l'imminence d'une guerre. — 7. Que toutes les conventions conclues par la Compagnie et des Gouvernements étrangers aux fins de transmission de télégrammes par le dit câble soient annulées quand les Etats-Unis seront en guerre. — 8. Que les Etat-Unis soient autorisés, en temps de guerre ou dans l'imminence d'une guerre, à faire usage dans la mesure qui leur conviendra de tous les embranchements de la ligne de câble transpacifique sus désignée. — 9. Que les télégraphistes et agents (d'un grade supérieur aux ouvriers et manœuvres) qui seront employés après la pose du câble en question soient des citoyens américains, sans aucune exception. — 10. Que les citoyens des Etats-Unis soient traités, sous le rapport de la transmission des télégrammes par le câble de la Compagnie, sur le même pied que les citoyens ou sujets de tout autre pays auquel le câble serait relié. — 11. Que la Compagnie s'engage à transmettre régulièrement les télégrammes avec une vitesse effective d'au moins 25 mots à la minute. — 12. Que le câble soit construit de la meilleure manière et avec le meilleur matériel possible. — 13. Que la Compagnie maintienne un service de réparation suffisant pour entretenir le câble en bon état. — 14. Que la ligne soit ouverte chaque jour au trafic télégraphique et que tous les télégrammes soient transmis dans l'ordre de leur consignation. — 15. Que le Gouvernement des Etats-Unis n'encoure aucune responsabilité du fait d'un contrôle ou d'une censure qu'il vien-

drait à exercer sur ladite ligne dans le cas d'une guerre ou de troubles civils. — 16. En accordant la concession, le Gouvernement ne s'engage pas à assurer (ni à dédommager) la Commercial Cable C° contre tout droit d'atterrissement aux possessions insulaires des Etats-Unis que pourraient déjà posséder ou que viendraient revendiquer d'autres Compagnies. — 17. Le consentement donné par les présentes est subordonné à toute décision que pourront prendre ultérieurement le Congrès ou le Président pour confirmer, révoquer, modifier en tout ou en partie les conditions et stipulations susénoncées. La Commercial Cable C° a récemment signé un contrat avec la Telegraph Construction and Maintenance C°, de Londres, pour la confection et l'installation de son câble de Honolulu à Manille. Les fabricants garantissent l'achèvement de la pose du câble pour juin 1903, si on leur donne les sondages nécessaires, Comme ils ont deux paquebots qui peuvent porter les 9600 km de câble, la Compagnie peut finir dans l'année l'ouvrage que beaucoup d'autres constructeurs prendraient deux années pour achever. En ce moment, le câble de San Francisco à Honolulu est chargé à Woolwich, sur le paquebot *Silvertown*, qui appartient à la Compagnie India Rubber and Gutta Percha Telegraph Works.

Le téléphone dans les chemins de fer, par C.-A. Hammond. *Gazette de l'Electricien*, p. 8, 6 décembre 1902. — Aux Etats-Unis la marche des trains est dirigée, dans la limite d'une zone déterminée, par un agent spécial, le « train despatcher « qui indique par voie téléphonique ou télégraphique, les points où doivent avoir lieu les croisements, dépassements, évitements, etc. Pour ce mode d'exploitation, appelé « train despatching » le téléphone est-il préférable au télégraphe ? C'est ce que l'auteur examine d'après plusieurs communications faites au Pacific Coast Railway Club. Parmi celles-ci l'une des plus intéressantes est celle d'un « train despatcher » ; l'auteur la reproduit comme suit :

Pourquoi employer un moyen de communication compliqué et artificiel quand on dispose d'un autre, plus simple et plus direct ? Quoi de plus simple et de plus naturel que d'appeler un agent à l'appareil, de lui dicter un ordre qu'il transcrit et qu'il relit pour recevoir votre accord final ? Avec un bon appareil téléphonique, on réalise, en somme, ces conditions. Vous appelez l'opérateur : qu'il soit à 1 km ou à 100 km de distance, il est pour ainsi dire en votre présence directe tant que dure la conversation. Comme vous êtes l'un et l'autre assez intelligents pour apprécier l'utilité d'une organisation systématique et pour vous plier à une discipline et à des règles judicieusement établies, vous lui lisez chaque fois, par le téléphone, votre ordre, imprimé ou écrit, avec le numéro et la date, et chaque fois il transcrit l'ordre sous votre dictée ou remplit les rubriques que vous lui indiquez dans un imprimé identique au vôtre ; il inscrit le numéro et la date sur l'ordre et le fait suivre de votre nom ; puis, toujours par téléphone, il vous le relit avec soin, mot par mot, attend l'expression marquant l'accord final, l'inscrit sur l'ordre, ajoute l'heure et certifie votre approbation de sa signature. Ensuite, il remet l'ordre à son destinataire et des copies aux autres agents intéressés, et se fait signer par eux une pièce dans laquelle ils déclarent avoir reçu, lu et compris l'ordre ainsi remis. Il vous fait parvenir ses reçus et garde son exemplaire de l'ordre transmis ; les copies, au contraire, qu'il a distribuées vous sont retournées par les différents agents et vous les rapprochez de l'original que vous avez dicté par téléphone. C'est ce système que j'ai employé avec succès pendant de longues années ; et, quoique différant légèrement du mode de procéder indiqué par le *Standard Code*, il fonctionnait tellement bien que, dans des milliers d'ordres transmis de cette façon, il se produisait rarement une erreur : encore ne portait-elle jamais sur les détails essentiels. Si, de temps en temps, il se rencontrait un agent inexpérimenté dans le service des chemins de fer ou peu familiarisé dans la manipulation du téléphone, il avait néanmoins l'habitude de faire exactement ce qu'on lui disait et d'obéir aux ordres

reçus. La discipline était rigoureuse et sévère, autant pour le chef que pour le subordonné. Les prescriptions régissant la transmission des ordres par voie téléphonique étaient énoncées d'une façon complète et détaillée dans le règlement général et y portaient des numéros. Si, en se servant du téléphone, ou en transcrivant un ordre, en lui donnant son numéro, en le datant ou le signant, ou encore en collationnant, en demandant l'accord final, etc., l'agent révélait de la négligence ou l'ignorance de prescriptions applicables au cas dont il s'agissait, il était immédiatement invité à reprendre son règlement et à relire l'article qu'il n'observait pas, réprimandé ou rappelé à l'ordre, et amené ainsi à suivre, pas à pas, l'ordre indiqué, pendant que, peut-être, le chef de train attendait, à ses côtés, l'ordre qui devait l'autoriser à continuer sa route. Mais ces cas étaient exceptionnels : en règle générale, les agents s'intéressaient à leur service, et le système exposé ci-dessus répondait à toutes les éventualités. Il n'y a jamais eu le moindre incident dans la transmission du texte de l'ordre, y compris le numéro, l'adresse et l'heure, malgré le médiocre fonctionnement de la ligne et malgré la présence de courants d'induction plus ou moins intenses, tout au moins au début, car plus tard, grâce aux circuits métalliques perfectionnés, cet inconvénient fut presque complètement éliminé. Néanmoins, l'accord final était donné sans hésitation, même pour un collationnement à voix très basse, du moment que j'avais la certitude que le texte était exactement transcrit ; il est vrai que souvent il fallait l'attention la plus soutenue pour acquérir cette certitude. Bien entendu, si la ligne refusait le service avant que l'accord final pût être marqué, l'agent inscrivait sur l'ordre le mot « annulé » et l'envoyait au bureau du *despatcher* avec les rapports du lendemain matin. L'opérateur était tenu de répondre « bonjour » ou « merci » au « bonjour » de son chef avant de raccrocher le récepteur. Puisque, par conséquent, on dispose d'un moyen parfait pour transmettre la parole à une distance raisonnable quelconque, la condition principale pour obtenir un bon service, est d'assurer l'exactitude et le soin dans la transmission et la réception du message et d'établir d'une façon indiscutable la responsabilité de chacun des trois agents intéressés : celui qui envoie le message, celui qui le reçoit et celui qui l'exécute. Le *despatcher* a une double responsabilité : préparer un ordre clair et bien rédigé, parfaitement approprié au cas dont il s'agit, et exiger le collationnement irréprochable du texte avant de marquer son accord final (complet). L'agent qui reçoit l'ordre a le devoir, d'abord de répéter le message téléphonique en lisant le texte exactement tel qu'il l'a transcrit ; ensuite, de n'ajouter la mention « complet » qu'après l'avoir entendu clairement prononcer par le *despatcher* et de certifier le fait par sa signature ; enfin, de faire la remise prompte et correcte du message à l'agent chargé de l'exécuter et de lui faire signer la déclaration qu'il a reçu l'ordre, qu'il l'a lu et qu'il le comprend parfaitement.

Un avantage important du téléphone est la facilité avec laquelle on peut rapidement exposer la situation avant que l'ordre soit transmis, expliquer les circonstances qui motivent cet ordre, et surtout donner de vive voix toute sorte de renseignements cinq fois plus vite que par la correspondance télégraphique, tout en mettant les interlocuteurs en rapport, presque comme s'ils étaient ensemble dans la même pièce. Il va sans dire que ceci s'applique plus spécialement aux cas où c'est le chef de train qui fait directement son rapport et qui, dès lors, reçoit directement aussi ses ordres qu'il transmet, contre reçu, à son mécanicien. Pour cela, il faut que les agents de train soient, comme ceux des gares, parfaitement au courant des prescriptions pour la transmission téléphonique des ordres s'adressant aux trains ; il est vrai que ces prescriptions ne sont pas plus difficiles à comprendre et à retenir que celles qui concernent les autres fonctions.

Le système que j'employais était à « ordre unique », mais il n'y a aucune raison pour que le téléphone ne soit pas également applicable à la méthode dite « à double ordre », avec autant d'avantages et peut-être moins d'inconvénients que le télégraphe. En se servant d'une série d'imprimés, comme ceux indiqués dans le *Standard Code*, pour les différentes espèces d'ordres aux trains, le *despatcher* invite simplement l'opérateur à employer l'imprimé n°..., puis il lit son ordre en s'arrêtant assez longtemps après chaque rubrique pour que l'agent puisse la remplir convenablement ; ensuite, tout l'ordre est collationné depuis le commencement, avec tous les mots imprimés et écrits, dans l'ordre où ils se suivent. Cette méthode ferait gagner beaucoup de temps et assurerait une plus grande exactitude.

En résumé, on est fondé à conclure que si le télégraphe reste en usage à cause de son fonctionnement économique, de la distribution plus étendue de ses fils, de la répugnance du personnel à sortir de l'ornière, et de sa préférence pour les méthodes dont il a acquis l'habitude, le téléphone, convenablement installé et convenablement employé, a une supériorité intrinsèque sur le télégraphe, qu'il est plus utile à divers points de vue, plus souple et aussi, si l'on emploie une bonne méthode, plus rapide : or, le temps n'est pas seulement de l'argent, il est la vie même.

Le téléphone présente d'autres avantages accessoires, qui peuvent souvent prendre une grande importance. Il ne faut guère moins d'un an à un jeune homme intelli

gent pour s'initier à l'usage du Morse, tandis que le premier venu apprend en cinq minutes à se servir du téléphone. Ainsi, par exemple, un chef de train intelligent peut faire un rapport sur son train partout où il trouve des appareils de transmission, et, au besoin, recevoir un ordre pour lui-même et le mécanicien. Ou bien, et c'est une idée qui est sans doute venue à tous ceux qui se sont occupés de cette question, si l'outillage du fourgon comprend l'assortiment d'appareils nécessaires, le chef de train peut, en cas de retard anormal, d'avarie ou de détresse entre deux stations, gagner le poteau télégraphique le plus rapproché portant une marque spéciale (un poteau sur dix, par exemple) où les fils descendent jusqu'à une boîte fermée, placée à portée de la main, pour rétablir la communication avec le bureau du *despatcher* et recevoir des ordres.

BIBLIOGRAPHIE

Il est donné une analyse bibliographique des ouvrages dont **deux** *exemplaires sont envoyés à la Rédaction.*

Etude pratique sur les différents systèmes d'éclairage, par **J. Defays** et **H. Pittet.** Un vol. de l'Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire. *Gauthier-Villars*, éditeur. Prix : broché 2 fr. 50, cartonné 3 fr.

Cet Aide-Mémoire permet de se rendre compte des progrès importants apportés dans l'éclairage pendant ces dernières années.

Il met le lecteur à même de choisir entre les différents modes d'éclairage employés, gaz, acétylène, pétrole, alcool, électricité, suivant le cas qui se présente et les conditions à remplir.

Applicaçoes industriaes do Alcool (applications industrielles de l'alcool), par **Miguel Calmon du Pin e Almeïda**, professeur à l'Ecole polytechnique de Bahia. Un vol. in-8, 142 pages. Bahia 1902.

Dans la première partie de son ouvrage l'auteur traite des propriétés générales des alcools.

En s'occupant de la question de l'alcool en Europe, dit-il, le but que l'on poursuivait était d'obtenir par tous les moyens possibles l'alcool à un prix très réduit. Parmi les produits auxquels on s'est adressé pour sa préparation on trouve : 1° Les liquides alcooliques : vin, bière, etc.; 2° Les matières sucrées fermentescibles ; 3° Les corps qui ne renferment ni du sucre ni de l'alcool, mais dont les éléments composants peuvent être transformés en maltose ou en dextrose sous l'action d'une diastase ou d'acides et enfin 4° divers produits d'origine minérale. Parmi ces derniers on trouve les gaz de hauts fourneaux : récemment on a assayé d'obtenir de l'alcool au moyen des gaz recueillis au gueulard du haut fourneau. En effet si on examine la composition de ces gaz, on voit qu'ils contiennent près de 2 p. 100 d'éthylène (C^2H^4) qui, traité par SO^4H^2 donne l'acide sulfovinique SO^4H, C^2H^5. Sous l'action de l'eau, cet acide sulfovinique se dédouble en alcool éthylique C^2H^6O et en acide sulbonique. On n'a pas poussé plus loin la tentative, car l'emploi direct des gaz de hauts fourneaux dans les moteurs à explosion est beaucoup plus avantageux.

L'auteur examine ensuite la question de l'éclairage à l'alcool, à ce sujet, il nous renvoie au compte rendu de la Conférence Lindet à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale (Paris 1902), au rapport Coupan sur le concours des appareils et moteurs à alcool dénaturé, le *Génie Civil*, t. XI, n° 9, et beaucoup d'autres publications.

La partie qui intéresse le plus nos lecteurs est celle des moteurs à alcool. L'auteur analyse successivement les moteurs Fritscher et Houdry, les moteurs de la Société Japy et Cie, le moteur Brouhot et le tracteur de la Société Nancéenne.

J. G.

Tome XXXIII Samedi 27 Décembre 1902. 9e Année — N° 52

L'Éclairage Électrique

REVUE HEBDOMADAIRE DES TRANSFORMATIONS

Électriques — Mécaniques — Thermiques

DE

L'ÉNERGIE

SOMMAIRE

Adresser tout ce qui concerne la Rédaction à M. J. BLONDIN, 171, Faubourg Poissonnière (9e arrondissement.
M. BLONDIN reçoit, 3, rue Racine, le jeudi, de 2 à 4 heures.

NOUVELLES ET ÉCHOS

Berliner Elektricitætswerk. — Du compte-rendu relatif à l'année sociale s'étendant du 1er juillet 1901 au 30 juin 1902, nous extrayons les renseignements suivants :

Le résultat financier de l'année écoulée se solde par un bénéfice net de 3705 264,76 fr contre 2 849 740,77 fr l'année précédente, bien que les intérêts et charges diverses aient occasionné un surcroît de dépenses de 1 089 978,44 fr. L'augmentation de la consommation atteint 9 343 734 kilowatts-heure ; les tramways y ont contribué pour une large part ; la Société leur a fourni 41 232 233 kilowatts-heure, contre 34 111 146 l'année précédente.

Cette période de prospérité coïncide avec l'électrification des tramways et il est probable que désormais les installations existantes n'apporteront plus d'aussi grandes différences dans la consommation. Le tableau suivant résume, en kilowatts-heure, les dépenses en électricité relatives aux trois dernières années :

	1899-1900	1900-1901	1900-1912
Eclairage privé . .	11 201 660	11 875 087	12 947 914
Eclairage public y compris les gares	881 811	1 440 596	1 579 938
Force motrice. . .	17 240 284	22 250 119	23 042 604
Tramways	20 169 484	34 111 146	41 232 233
Dépense de l'usine.	521 041	607 424	825 457
Total.	50 014 280	70 284 412	79 628 146

Les installations neuves exécutées dans l'enceinte de la ville comprennent : 48 647 lampes à incandescence, 1 685 lampes à arc, 1 014 moteurs d'une puissance globale de 3000 chevaux, ce qui porte à : 401 900 le nombre des lampes à incandescence ; 15 959 celui des lampes à arc ; 7 440 celui des moteurs avec 24 448 chevaux. Tous ces récepteurs font ensemble 50 031 kilowatts, soit 1 000 620 lampes normales (10 bougies, 50 watts). Les tramways, dans la ville, absorbent 20 300 chevaux, contre 16 800 l'année précédente. Le nombre des abonnés est passé de 7 629 à 8 475, en augmentation de 11,1 p. 100 ; on compte actuellement 5 489 branchements au lieu de 4 855, en augmentation de 13 1 p. 100. L'éclairage public est assuré par 511 lampes à arc et 112 lampes à incandescence ; tout récemment, on y a encore ajouté 34 lampes à arc et, de plus, on a porté de 15 à 17 ampères l'intensité des lampes de la promenade Sous les Tilleuls, entièrement transformée. En faisant entrer en ligne de compte la consommation propre de la Société, l'énergie utile comptée aux bornes des récepteurs, s'est élevée à 70 895 567 kilowatts-heure, contre 59 831 388 l'année précédente, soit une progression de 18,5 p. 100. Si nous passons aux faubourgs, nous y comptons : 19 787 lampes à incandescence, 1 301 lampes à arc, 1 480 moteurs avec 9 262 chevaux, dont l'ensemble représente une puissance de 10 100 kilowatts. L'année précédente on ne comptait que 3 788 lampes à incandescence, 461 lampes à arc et 368 moteurs avec 699 chevaux. Les abonnés des faubourgs, au nombre de 955 au lieu de 699, ont consommé 8 732 579 kilowatts-heure. L'usine génératrice de Oberspree alimente encore quelques sous-stations qui ont demandé, pendant l'exercice 1901-1902, 16 025 634 kilowatts-heure.

En résumé, l'énergie totale produite par les différentes usines de la Berliner Elektricitætswerk a atteint le chiffre de 100 366 157 kilowatts-heure, comptés aux bornes de son tableau et qui peuvent se repartir ainsi : Berlin (ville), 80 036 726 kilowatts-heure, et faubourg, 12 329 431 kilowatts-heure.

Le rapporteur fait remarquer que les constructions neuves tiennent peu de place dans le dernier exercice ; mais il sera urgent d'augmenter la capacité des stations du secteur Sud et d'Oberspree pour lesquelles on prévoit trois groupes électrogènes de 5000 chevaux. (Nous avons donné dans l'*Eclairage Electrique*, t. XXVIII, p. 111, une description complète des usines de la Berliner Elektricitætswerk).

A la fin de juin 1902, la longueur totale des câbles alimentés par la Société dans Berlin était de 3107,3 km, dont 2307,9 km pour l'éclairage, 427,6 km pour la traction, 166 km pour le téléphone et les fils pilotes et 205,8 km pour les conducteurs haute tension. Dans les faubourgs, le développement total de la canalisation électrique est de 856,9 km ; soit 242,8 km pour la haute tension, 127,1 km pour la basse tension, et 48,7 km pour les fils pilotes. Ces chiffres ne comprennent pas le réseau qui alimentait la voie d'essais du chemin de fer électrique à grande vitesse de l'A. E. G.

Les recettes de l'exploitation sont de 10 492 407,67 fr et les charges diverses, de 6 787 142,86 ; il reste donc un solde disponible de 3 705 264,71 fr. Cette dernière somme a été répartie de la manière suivante :

Réserve légale	184 711,75 fr
Intérêt 7,75 p. 100 sur un capital de 31 500 000 fr	2 441 250,60 »
Participation de la ville de Berlin . .	936 136,75 »
Tantième du conseil d'administration.	65 969,31 »
Gratifications au personnel, pensions, etc	62 500 »
Compte nouveau	14 996,79 »
	3 705 264,71 »

Le rapport se termine par le bilan définitif au 30 juin 1902, d'où il ressort que l'actif de la Société est de 90 574 767 54 fr.

B. K.

B F, 29 mai 1902. — Dispositifs de fermeture pour bacs d'accumulateurs.

Vesque. 321 119, B F, 14 mai 1902. — Fabrication pour agrafages de bacs pour accumulateurs ou autres récipients en celluloïd.

Transmission et Distribution.

Lamme. 320 972, B F, 7 mai 1902. — Perfectionnements dans les systèmes de distribution électrique.

Heyl-Dia (G.-Edward). 134 998, D R P, 24 janvier 1901. — Enveloppe de papier gaufré pour conducteurs électriques.

Hitch. 321 164, B F, 12 mai 1902. — Perfectionnements aux câbles conducteurs.

Kabelfabrik Actien Gesellschaft. 321 321, B F, 21 mai 1902. — Système de câbles à espaces vides.

Liedcke (Alex.). 133 423, D R P, 8 décembre 1899. — Procédé de fabrication de câbles concentriques sans induction.

Meng. 321 769, B F, 6 juin 1902. — Système de conducteur électrique souple.

Pradier. 321 764, B F, 6 juin 1902. — Gaines à caniveaux pour conducteurs électriques et tuyaux.

Clinton (Edgar-Woods). 132 813, D R P, 2 juillet 1901. — Procédé pour l'isolement des conducteurs électriques.

Meyer. 322 301, B F, 20 juin 1902. — Nouvelle matière isolante et son procédé de fabrication.

Carl Auerbach. 133 338, D R P, 11 août 1901. — Isolateur pour boucles s'engrenant à la manière des chaînes.

Compagnie générale de construction électrique. 321 346, B F, 22 mai 1902. — Isolateur électrique.

Perret. 321 858, B F, 6 juin 1902. — Vérificateur de conduites électriques.

Hartmann et Braun. 134 997, D R P, 11 septembre 1900. — Dispositif de bifurcation pour conduite à double conducteur.

Portillo. 322 095, B F, 14 juin 1902. — Système d'embranchement ou prise de courant pour les installations électriques.

Elektrotechnische Fabrik Rheydt, Max Schorch et Cie. 132 925, D R P, 6 février 1901. — Dispositif de sûreté pour commutateur.

Kurt Gunther. 133 816, D R P, 25 juin 1901. — Commutateur électrique.

Pibre. 322 250, B F, 2 mai 1902. — Système de commutateur électrique.

Prott. 321 307, B F, 26 avril 1902. — Dispositif commutateur pour lignes électriques à postes intermédiaires pour courants de haute et de faible intensité.

Compagnie de Fives-Lille. 322 057, B F, 13 juin 1902. — Interrupteur permettant d'interrompre sans danger les circuits inductifs.

Kuhlo (Franz). 133 332, D R P, 5 janvier 1902. — Interrupteur de courant à temps.

The Cutler Hammer Manufacturing Company. 321 249, B F, 20 mai 1902. — Interrupteur multiple.

Dessauer. 322 064, B F, 14 juin 1902. — Ferme-circuit électrolytique.

Muthel. 322 121, B F, 6 mai 1902. — Coupe-circuit automatique à fil fusible pour courants électriques à haute tension.

Billig (Ernest) et Jacoby (Lucian). 139 107, D R P, 24 août 1901. — Disjoncteur automatique avec une seule bobine pour éviter la surcharge et l'épuisement d'une batterie.

Könitzer (Oskar). 133 302, D R P, 7 avril 1901. — Disjoncteur à cornes pouvant fonctionner automatiquement et à la main, pour courants polyphasés à haute tension.

Meyer (Paul). 133 860, D R P, 5 novembre 1901. — Conjonction et disjonction produites par des forces électromotrices.

PARTRIDGE (Gerald-William). 133 836, DRP, 13 avril 1901. — Dispositif de soufflage d'étincelle pour disjoncteur, fusible et analogue avec emploi de matières explosives ou comprimées détonant par l'arc.

VOIGT ET HAEFFNER. 132 835, DRP, 20 juillet 1901. — Dispositif pour éteindre l'arc par soufflage d'air.

CHAUDOREILLE. 321 847, BF, 5 juin 1902. — Système d'appareil de sécurité principalement applicable aux lignes à haute tension électrique et combiné avec un régulateur de tension.

UNION ELEKTRIZITATS GESELLSCHAFT. 132 927, 27 octobre 1901. — Procédé de compensation des oscillations de la charge au moyen de machines tampons. Addition au DRP, 129 553.

LOUBERY (C.-R.). 118 717, DRP, 31 décembre 1899. — Disposition pour donner le signal à l'abonné d'un réseau à fort courant.

Télégraphie et Téléphonie

HŒPPENER. 322 279, BF, 19 juin 1902. — Appareil dit : « Radiodirecteur ».

WALTER (Louis et Pierre). 322 257, BF, 17 mai 1902. — Procédé de propagation à distance des influences électriques.

MAICHE, 321 454, BF, 28 mai 1902. — Nouveau moyen de transmission et de réception sans fil des courants électriques.

LAVENS (Edward et Edwine). 321 300, BF, 18 mars 1902. — Télégraphe à signaux.

SOCIÉTÉ DITE « THE ROWLAND TELEGRAPHIE Cᵒ ». 322 049, BF, 13 juin 1902. — Appareil transmetteur pour télégraphes électriques.

LANY (W.-P.D.). 124 251, DRP, 23 août 1899. — Dispositif pour télégraphe imprimant pour augmenter ou diminuer les signes communiqués par la station de départ dans le récepteur.

MURRAY (Donald). 130 994, DRP, 2 juin 1900. — Mécanisme pour la transmission des signaux télégraphiques.

CHIMKÉVITCH (Pierre de). 132 712, DRP, 24 octobre 1900. — Dispositif pour la production d'un nombre réglable d'envois de courant en télégraphie.

LAFAURIE. 321 903 BF, 10 juin 1902. — Réception télégraphique imprimant en lettres les transmissions faites par les signes ordinaires de l'alphabet Morse.

JOHNSON et RICHARDSON. 321 167, BF, 12 mai 1902. — Moyens et appareils perfectionnés pour transmettre et recevoir électriquement des messages.

ALLGEMEINE ELEKTRIZITAETS-GESELLSCHAFT. 118 520, DRP, 24 février 1900. — Disposition de transmission électrique d'un nombre quelconque de bureaux télégraphiques à l'aide de trois conducteurs.

SHEPARD (A. Lyster). 134 995, DRP, 10 janvier 1901. — Relais polarisé.

DUCRETET. 306 799, BF, 3 janvier 1901. — Perfectionnement aux relais télégraphiques, dits magnetos.

ROTONDO-NICOLAU et POUJADE. 321 956, BF, 19 avril 1902. Avertisseur télégrapho-automatique pour les cas d'incendie, vol et autres circonstances nécessitant un appel.

L. MAICHE. 134 996, DRP, 22 août 1901. — Installation pour la transmission de signaux télégraphiques ou téléphoniques.

DIETZ. 322 216, BF, 18 juin 1902. — Tige télescopiforme avec fil d'aller et fil de retour pour embrancher des appareils téléphoniques et télégraphiques sur le fil en pleine ligne.

PECHADRE. 306 480, BF, 21 décembre 1900. — Système de transmission téléphonique.

REED. 315 881, BF, 23 novembre 1901. — Système de communication électrique directe par voie de sélection spécialement applicable aux circuits téléphoniques.

CADWELL. 316 764, BF, 10 décembre 1901. — Perfectionnements aux transmissions téléphoniques.

BURKE. 321 706, BF, 3 juin 1902. — Perfectionnements apportés aux systèmes téléphoniques.

JUSTICE. 316 255, BF, 26 novembre 1901. — Perfectionnements dans les appareils électriques comprenant des instruments téléphoniques ou autres.

GERMAIN. 313 356, BF, 8 août 1901. — Perfectionnements aux appareils téléphoniques.

GERMAIN. 309 770, BF, 6 avril 1901. — Système perfectionné d'appareils téléphoniques.

CENTURY TELEPHONE DEVICE COMPANY. 313 442, BF, 12 août 1901. — Perfectionnements aux téléphones.

RABBIDGE. 316 172, BF, 22 novembre 1901. — Perfectionnements aux téléphones.

ABOILARD (G.) et Cⁱᵉ. 316 098, BF, 20 novembre 1901. — Système de postes téléphoniques.

BERTHELON. 306 503, BF, 24 décembre 1900. — Application au téléphone d'un système de transformateurs.

SOCIÉTÉ SIEMENS et HALSKE (A.-G.). 308 026, BF, 11 février 1901. — Installation téléphonique à téléphones hauts-parleurs.

ROSSET. 313 140, BF, 31 juillet 1901. — Système et appareil pour permettre la communication directe et automatique des abonnés d'un réseau téléphonique.

HUTCHISON ACOUSTIC Cᵒ. 321 696, BF, 3 juin 1902. — Appareil téléphonique portatif perfectionné.

AMBERG. 315 929, BF, 14 novembre 1901. — Téléphone.

AUBRY. 313 070, BF, 31 juillet 1901. — Perfectionnements apportés aux transmetteurs téléphoniques.

CHARRON (veuve) et BELLANGER et M. SCHLESINGER. 315 316, BF, 24 octobre 1901. — Système perfectionné d'appareil téléphonique permettant de renforcer le son de la voix.

WIEDER et BROMEHAD. 315 599, BF, 4 novembre 1901. — Diaphragme sensible perfectionné pour reproduire et transmettre le son.

SIEMENS et HALSKE. 120 149, DRP, 4 juillet 1900. — Microphone multiple pour la transmission simultanée des signaux à plusieurs stations séparées.

MIX et GENEST. 118 460, DRP, 26 mars 1898. — Microphone à granules.

E.-A.-G. (anciennement SCHUCKERT et Cⁱᵉ. 119 186,

LISTE DES BREVETS D'INVENTION

BF : Brevet français. — BP : Patente anglaise — DRP : Patente allemande — USAP : Patente américaine.

La liste des brevets français est communiquée par l'Office **E. Barrault, 17, Boulevard de la Madeleine, Paris.**

Génération et Transformation.

Allgemeine Elektrizitæts gesellschaft. 133025, D R P, 15 mai 1901. — Renforcement d'induit et d'inducteurs fixes.

Balachowsky et Caire. 321206, B F, 26 mai 1902. — Perfectionnements aux machines dynamo-électriques.

Compagnie générale d'électricité de Creil. Etablissements Daydé et Pillé. — 321 415, B F, 26 mai 1902. — Perfectionnements dans l'établissement des machines dynamo-électriques.

Porsche et Lohner. 322 005, B F, 6 juin 1902. — Bobine à rubans pour machines dynamo-électriques et procédé pour les fabriquer.

Russo. 321 768, B F, 6 juin 1902. — Système de machine dynamo-électrique sans collecteur.

Siemens et Halske. 133 388, DRP, 5 juillet 1901. — Porte-balai pour machines électriques.

Wilfred Robert Vernet Marshall. 133 303, DRP, 6 novembre 1901. — Procédé de fabrication de pièces polaires de plaques ou tôles.

Berliner Maschinenbau Actien Gesellschaft vormals L. Schwartzkopff. 321 711, B F, 3 juin 1902. — Système de transformateurs à courants polyphasés.

Ropiquet. 321 042, B F, 10 mai 1902. — Transformateur à haute tension.

Nodon (Albert). 133 191, D R P, juillet 1902. — Redresseur et condensateur pour courant alternatif.

Société Onzon Maats-Chappy system A. Vosmaer. 322 314, B F, 25 avril 1902. — Nouveau condensateur électrique pour hautes tensions.

Graham et Bouton. 322 182, B F, 17 juin 1902. — Perfectionnements aux batteries galvaniques.

Hutchzon Acoustic C°. 321 697, B F, 3 juin 1902. — Perfectionnements apportés aux piles électriques.

Mors. 320 966, B F, 5 mai 1902. — Nouvel aggloméré dépolarisant pour piles électriques.

Bénier (Léon). 132 924, D R P, 2 mai 1901. — Batterie thermo-électrique.

Hermite (Eugène) et Friend Cooper (Charles). 133 903, D R P, 1er janvier 1901. — Procédé de fabrication de piles thermo-électriques au sulfure de cuivre.

Kiefer. 321 541, B F, 3 juin 1902. — Pile thermo-électrique.

May Friedrich. 134 024, D R P, 15 septembre 1901. — Elément galvanique d'après l'élément Meidinger.

Boudard. 322 320, B F, 3 mai 1902. — Changeur d'accumulateurs à résistance mobile et polarité visible à l'indispensable ».

Genard et De Marçay. 322 283, B F, 19 juin 1902. — Accumulateur.

Hutchison Acoustic C°. 321 699, B F, 3 juin 1902. — Perfectionnements dans les accumulateurs.

Lejeune. 321 453, B F, 27 mai 1902. — Procédé de formation rapide des accumulateurs électriques au plomb pur.

Levier. 321 342, B F, 22 mai 1902. — Procédé de fabrication d'accumulateurs électriques.

Société anonyme pour le travail électrique des métaux. 321 248, B F, 20 mai 1902. — Perfectionnements dans la constitution des plaques négatives d'accumulateurs électriques, système A. Jumau.

Winship. 321 922, B F, 10 juin 1902. — Perfectionnements aux accumulateurs.

Société nouvelle de l'accumulateur Fulmen. 321 528

commutateurs électriques plus spécialement destinés aux téléphones.

Telephon-Fabrik A. G. Vormals J. Berliner. 308 475, B F, 26 février 1901. — Commutateur pour téléphones et autres appareils électriques.

Vogel. 306 327, B F, 17 décembre 1900. — Perfectionnement aux fiches avec cordons pour commutateurs téléphoniques.

Mix et Genest. 124 153, D R P, 7 août 1900. — Loquet à l'abri de la poussière pour commutateur multiple et analogues.

Eichwede Heinrich. 133 873, D R P, 3 mars 1901. — Dispositif pour donner automatiquement le signal de la fin de la conversation au bureau téléphonique.

Stafsing (F.-B.) et Egner (C.). 124 060, D R P, 17 janvier 1900. — Dispositif indiquant la communication avec le bureau pour poste téléphonique.

Fahrenheim Hans. 134 060, D R P, 18 décembre 1901. — Système de contact microphonique.

Weinberg (F.). 124 062, D R P, 3 juin 1900. — Interruption automatique pour postes téléphoniques.

Weinberg (J.). 124 062, D R P, 3 juin 1900. — Mécanisme d'interruption automatique pour postes téléphoniques.

Frans Birger Staffing. 132 923, D R P, 26 février 1901. — Dispositif de sécurité contre l'emploi des appareils téléphoniques sans autorisation.

Davin-Glibert. 321 185, B F, 21 mai 1902. — Cabine téléphonique insonore.

Ferra et Laing. 306 932, B F, 8 janvier 1901. — Accessoire pour téléphones.

Bliss et Holland. 309 958, B F, 15 avril 1901. — Compteur téléphonique.

Bösl (M.). 124 730, D R P, 2 novembre 1899. — Comp-

teur de conversation pour bureau téléphonique avec compteur de nombre ou de temps.

DUCOUSSO. 312 010, B F, 21 juin 1901. — Système d'appareil permettant d'enregistrer et de totaliser les communications téléphoniques taxées.

EICHWEDE. 309 296, B F, 23 mars 1901. — Compteur de conversations téléphoniques.

MEYER. 321 795, B F, 21 avril 1902. — Système de compteur de conversations pour le réseau téléphonique de ville.

SCHINDLER FRÈRES. 124 059, D R P, 21 juillet 1899. — Compteur de conversation avec mouvement d'horlogerie interrompant automatiquement la communication au bout d'un temps déterminé.

SUTHERLAND (R. W. J.). 121 495. D R P, 28 avril 1900. — Compteur de conversations téléphoniques.

TELEPHON-APPARAT-FABRIK WELLES (Fr.). 118 784, D R P, 2 mars 1899. — Compteur de conversations pour bureau téléphonique.

WIRTH (Ch). 117 517, D R P, 4 mai 1899. — Compteur de conversations.

TELEPHON-APPARAT-FABRIK PETSCH ZWIETUSCH et Cie (anciennement Fr. WELLES). 124 253, D R P, 5 décembre 1900. — Disposition de compteur de conversation pour bureaux téléphoniques.

EICHWEDE (H.). 123 972-123 973, D R P, 28 septembre 1900 et 3 mars 1901. — Disposition de postes téléphoniques donnant la communication après mise en œuvre du compteur de conversation.

BAIRD. 307 722, B F, 1er février 1901. — Appareil propre à la perception de taxes téléphoniques.

GRUNERT. 308 280, B F, 20 février 1901. — Enregistreurs des appareils téléphoniques.

DE LAMPRECHT ET Cie. 309 116, B F, 18 mars 1901. — Appareil de mise en circuit téléphonique automatique par paiement préalable.

UCHERMANN (K.). 124 254, D R P, 1er janvier 1901. — Téléphone à prépaiement dans lequel le dispositif d'appel est rendu libre après introduction d'une pièce de monnaie par l'un des deux communiquants.

WALLOCH (F.). 120 399, D R P, 1er août 1900. — Mécanisme de contrôle pour la durée des conversations téléphoniques.

LEWIS. 321 203, B F, 16 mai 1902. — Appareil pour téléphones actionné par des pièces de monnaie.

HOLAUBECK (Mme) ET PIORECKI. 311 596, B F, 22 avril 1901. — Appareil permettant de reproduire automatiquement la parole sous forme d'écriture.

MALCOTTI. 314 839, B F, 9 octobre 1901. — Procédé de télégraphie à impression typographique sur les circuits téléphoniques, et appareil pratique correspondant nommé Télescriptographe.

COMPAGNIE DITE : THE INTERNATIONAL ELECTROGRAPH COMPANY. 322 052, B F, 13 juin 1902. — Perfectionnement dans les procédés de reproduction des images à distance.

SEMAT. 321 876, B F, 7 juin 1902. — Téléphote.

SEMAT. 322 220, B F, 18 juin 1902. — Appareil téléphotographique pour la transmission à distance des dessins, manuscrits, etc.

Electrothermique

ELTZ. 321 485, B F, 10 mai 1902. — Appareil servant à porter de l'air ou des liquides à une température déterminée et à maintenir celle-ci constante.

IUTZ. 320 943, B F, 8 avril 1902. — Innovation aux ustensiles de cuisson et appareils de chauffage fonctionnant à l'aide d'un courant électrique.

SOCIÉTÉ LECARME FRÈRES ET MICHEL. 321 935, B F, 13 juin 1902. — Appareil de chauffage des liquides par l'électricité.

ROBERT WINTER. 133 906, D R P, 30 juin 1901. — Four électrique pour haute température, notamment pour l'art dentaire.

GANS ET Cie EISENGIESSEREI ET MASCHINENFABRIKS-AK.-GES.

D R P, 22 mai 1900. — Microphone avec action renforcée par un champ magnétique.
MAMBRET. 321 530. B F, 29 mai 1902. — Microphone.
DEAN. 315 241, B F, 22 octobre 1901. — Nouveau système de microphone à granules.
ANIZAN. 309 558, B F. 1er avril 1901. — Nouveau système de microphone double.
BARTHÉLÉMY. 308 441, B F, 25 février 1901. — Perfectionnements aux microphones.
SIEMENS et HALSKE AKTIENGESELLSCHAFT. 307 347, B F, 23 janvier 1901. — Système perfectionné de microphone à grains de charbon.
SLEEBOS. 306 955, B F, 8 janvier 1901. — Micro-téléphone pour téléphone à longue distance.
MILDÉ et Cie. 311 695, B F, 12 juin 1901. — Poste micro-téléphonique à usages multiples.
VOLKERS. 308 935, B F, 13 mars 1901. — Perfectionnements aux microtéléphones.
LEMUEL MELLETT EAST SOMERVILLE et A. FRANKLIN HENDERSON. 131 067, D R P, 6 février 1901. — Dispositif de microphone à grenaille pour améliorer l'audition.
GERMAIN Pierre. 120 696. D R P. 26 mars 1898. — Corps conducteur mélangé de charbon et de métal pour microphone et relais.
HOPFELT (Robert). 133 190, D R P, 14 juin 1901. — Résistance électrique avec masse résistante en poudre.
DECKERT. 315 434, B F, 29 octobre 1901. — Couvercle de résonance pour microphones.
A.-G. MIX et GENEST. 121 512, D R P, 23 mai 1900. — Dispositif pour amortir la plaque sonore dans les microphones à granules de charbon.
MELLET et HENDERSON. 307 867, B F, 5 février 1901. — Système perfectionné de transmetteur téléphonique.
HUGHES. 310 189, B F, 23 avril 1901. — Perfectionnements apportés aux transmetteurs téléphoniques.
MEYER. 311 127. B F, 24 mai 1901. — Perfectionnements dans les porte-récepteurs téléphoniques.
SIEMENS et HALSKE. 120 534, D R P, 27 juin 1900. — Disposition pour fixer le crochet du téléphone.
VOLKERS (E.). 118 987, D R P, 18 octobre 1900. — Procédé pour placer et fixer le système magnétique dans le bâti d'un téléphone.
VOLKERS (Emil). 134 136, D R P, 25 décembre 1902. — Procédé pour disposer et fixer le système magnétique dans l'enveloppe d'un téléphone. Addition au D R P, 118 987.
ORR. 316 686, B F, 9 décembre 1901. — Récepteur téléphonique.
AXTELL. 307 630, B F, 30 janvier 1901. — Dispositif pour désinfecter les transmetteurs et récepteurs de téléphones.
HENCKEL et HENCKEL. 307 848, B F, 28 janvier 1901. — Procédé pour la fabrication de papier antiseptique servant à nettoyer les appareils téléphoniques.
CUTMORE (H.-A.). 121 000, D R P, 29 mars 1900. — Boîte élastique pour cornet acoustique.
BERTHELEMY. 308 484, B F, 26 février 1901. — Système de relais pour lignes téléphoniques.
ENGELINI et JENGO. 310 065, B F, 18 avril 1901. — Relais téléphonique.
FABRIZI et BLANE. 309 871, B F, 12 avril 1901. — Relais téléphoniques.
BOREL. 316 924, B F, 14 décembre 1901. — Nouveau mode d'isolement des conducteurs électriques et plus spécialement des conducteurs pour câbles téléphoniques.
PRÖTT (C.-H.). 124 061, D R P, 21 avril 1900. — Disposition des conducteurs téléphoniques avec stations intermédiaires pour éviter la communication de la conversation avec celles-ci.
TREMAIN. 307 203, B F, 18 janvier 1901. — Perfectionnements dans la fabrication des câbles téléphoniques.
WEST. 314 117, 314 136, B F, 4 et 9 septembre 1901. — Câble téléphonique avec isolation à l'aide de papier et d'air.
ABOILARD et Cie. 311 035, B F, 21 mai 1901. — Perfectionnements aux lignes circuits et organes d'un réseau téléphonique à batterie centrale.
TELEPHONE COMPANY OF AMERICA, 311 265, B F, 28 mai 1901. — Perfectionnements aux systèmes de circuits téléphoniques.
ANDRIANO (A.-K.). 692 189, USAP, 16 avril 1900. — Mécanisme de connexion pour lignes téléphoniques à interconnexion.
SIEMENS et HALSKE (A.-G.). 124 644, D R P, 7 août 1900. — Installation téléphonique avec microphone inséré directement.
WALLOCH (F.), 124 255, D R P, 26 janvier 1901. — Dispositif pour appareil téléphonique.
BUTTE (C.-F.). 692 004, U S A P, 30 avril 1901. — Prise de courant pour tableaux téléphoniques.
SMITH, 310 221, B F, 23 avril 1901. — Perfectionnements aux systèmes de communication téléphonique.
CEREBOTANI et MORADELLI. 309 623, B F, 3 avril 1901. — Procédé de mise en circuit pour installations téléphoniques à un seul fil de ligne sans le concours de personnes intermédiaires.
SIEMENS et HALSKE AKTIEN GESELLSCHAFT. 308 257, B F, 19 février 1901. — Installation téléphonique.
SOCIÉTÉ SIEMENS ET HALSKE (A. G.), 308 137, B F, 14 février 1901. — Système de connexions pour installations téléphoniques avec batterie microphonique disposée au bureau central.
ERICSON et Cie (Aktiebolaget). 306 718, B F, 31 décembre 1900. — Jack à signal pour bureaux téléphoniques multiples.
MORS et M. BRASIER (Société d'Électricité et d'Automobiles). 306 298, B F, 15 décembre 1900. — Appareil magnéto-électrique pour appels téléphoniques.
DEUTSCHE TELEPHONWERKE. 133 010, D R P, 29 janvier 1901. — Tableau pour bureau de communications téléphoniques.
SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES. 310 461, B F, 1er mai 1901. — Perfectionnements dans les tableaux commutateurs multiples des postes téléphoniques.
PROTT (C.-H.). 124 061, D R P, 21 avril 1900. — Disposition de conducteurs téléphoniques avec stations inter-

médiaires pour éviter que la conversation avec le bureau ne soit entendue des postes intermédiaires.

Telephon-Apparat-Fabrik Petsch Zwietusch et Cie (anciennement Fr. Weller). 124 063, DRP, 7 novembre 1900. — Disposition de postes téléphoniques reliés par conducteurs avec frottement.

Telephon-Apparat-Fabrik Petsch Zwietusch et Cie. 124 063, DRP, 7 novembre 1900. — Disposition pour bureaux téléphoniques reliés par conducteurs à frottement.

Siemens et Halske. 117 939, DRP, 23 mars 1900. — Disposition pour bureau téléphonique.

Siemens et Halske (A.-G.). 131 123, DRP, 17 juin 1900. — Connexions pour bureaux téléphoniques avec sonnettes d'abonnés branchées en parallèle.

Siemens et Halske. 131 333, DRP, 5 mars 1901. — Dispositif de communication entre bureaux téléphoniques, Add. au DRP, 120 108.

Mix et Genest. 119 187, DRP, 29 avril 1900. — Système de connexions pour bureaux téléphoniques intermédiaires.

Staffing (F.-B.) et Egner (C.). 124 060, DRP, 17 janvier 1900. — Disposition pour indiquer aux postes de communication que le bureau écoute.

A. G. Mix et Genest. 118 293, DRP, 23 mai 1900. — Fermeture automatique du circuit d'un inducteur magnétique servant à l'*appel* pendant un temps déterminé.

Hersen (C.). 118 549, DRP, 5 septembre 1900. — Disposition téléphonique pour l'emploi d'un conducteur unique pour plusieurs points de conversation.

Arnheim. 316 586, BF, 5 décembre 1901. — Installation pour plusieurs postes téléphoniques raccordés à une ligne commune d'un réseau téléphonique.

Société Industrielle des Téléphones. 321 543, BF, 30 mai 1902. — Dispositif d'installation téléphonique pour postes multiples embrochés système Dardeau.

Siemens et Halske Aktiengesellschaft. 314 740, BF, 5 octobre 1901. — Jack pour des systèmes téléphoniques.

Siemens et Halske. 118 368, DRP, 28 février 1900. — Jack pour multiple.

Ducousso. 311 672, BF, 11 juin 1901. — Appareil électrique d'appel à distance.

Telephon-apparat-fabrik F. Welles 118 660, DRP, 17 mai 1899; 118 661, DRP, 17 mai 1899. — Dispositif d'appel automatique pour cabines téléphoniques.

Gray National Telautograph C°. 123 451, DRP, 18 janvier 1899. — Disposition pour assurer automatiquement la correspondance entre l'appel et le récepteur.

Siemens et Halske. 116 936, DRP, 1er février 1900. — Sonnerie pour bureau de communications téléphoniques.

Butte (C.-F.). 692 005, USAP, 1er mai 1901. — Commutateur téléphonique automatique.

Cerebotani et Moradelli. 313 648, BF, 20 août 1901. — Système commutateur pour l'appel exclusif et pour l'établissement d'une communication exclusive entre deux des nombreux postes télégraphiques ou téléphoniques insérés dans un circuit de ligne unique.

Cerebotani et Baumer. 316 123, BF, 21 novembre 1901. — Système commutateur facilitant une communication téléphonique libre et non dérangée sans postes intermédiaires et sans l'emploi d'un moyen d'arrêt quelconque.

Deutsche Telephonwerke R. Stock et C° Gesellschaft mit Beschrankter Haftung. 313 507, BF, 14 août 1901. — Système de commutation pour bureau téléphonique.

Graetzer. 321 401, BF, 26 mai 1902. — Perfectionnements aux commutateurs de distribution pour téléphones.

Société The Globe Telephone Manufacturing-company. 306 926, BF, 8 janvier 1901. — Perfectionnements aux

CHEMINS DE FER PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE

AVIS

La Compagnie des chemins de fer P.-L.-M. a l'honneur de prévenir MM. les voyageurs que depuis le **5 Mai courant**, elle a mis en service, à titre d'essai, des appareils garde-places, système BOUCHER, dans ses trains rapides de jour, entre Paris et Marseille (*Train n° 1 partant de Paris à 9 h. 30 du matin et train n° 2 partant de Marseille à 9 h. 20 du matin.*

L'emploi de ces appareils permettra à MM. les voyageurs de s'assurer la possession indiscutée de la place qu'ils auront choisie dans le train. A cet effet, il leur sera remis gratuitement, au moment du départ, un ticket spécial qui leur suffira d'introduire dans l'appareil placé au-dessus de la place de leur choix. En vertu d'une décision de M. le Ministre des Travaux publics, les places dans l'appareil desquelles aura été introduit un ticket seront seules considérées comme régulièrement retenues, aucun autre mode de marquer les places ne sera donc admis dans les voitures des trains 1 et 2 munies des appareils garde-places.

MM. les voyageurs auront également la faculté de se faire réserver à l'avance une place de leur choix, au départ des gares de Paris et de Marseille, moyennant le paiement d'une taxe de location de 1 franc par place retenue d'avance.

CHEMINS DE FER D'ORLÉANS

EXCURSIONS

AUX

STATIONS THERMALES ET HIVERNALES

des Pyrénées et du Golfe de Gascogne

Arcachon, Biarritz, Dax, Pau, Salies-du-Béarn, etc.

TARIF SPÉCIAL G. V. n° 106 (Orléans).

Des billets aller et retour de toutes classes, valables pendant 33 jours, non compris les jours de départ et d'arrivée, avec réduction de 25 p. 100 en 1re classe, et de 20 p. 100 en 2e et 3e classes sur les prix calculés au tarif général d'après l'itinéraire effectivement suivi, sont délivrés toute l'année, à toutes les stations du réseau d'Orléans, pour :

Agde (Le Grau), **Alet, Amélie-les-Bains, Arcachon, Argelès-Gazost, Argelès-sur-Mer, Arles-sur-Tech** (La Preste), **Arreau-Cadéac** (Vieille-Aure). **Ax-les-Thermes, Bagnères-de-Bigorre, Bagnères-de-Luchon. Balaruc-les-Bains, Banyuls-sur-Mer, Barbotan, Biarritz, Boulou-Perthus,** (le), **Cambo-les-Bains, Capvern, Collioure, Couiza-Montazels** (Rennes-les-Bains), **Dax, Espéraza** (Campagne-les-Bains), **Grenade-sur-l'Adour** (Eugénie-les-Bains). **Guéthary** (halte), **Gujan-Mestras, Hendaye, Labenne** (Cap-Breton). **Labouheyre** (Mimizan), **Laluque** (Préchacq-les-Bains), **Lamalou-les-Bains, Laruns-Eaux-Bonnes** (Eaux-Chaudes), **Leucate** (La Franqui). **Lourdes, Loures-Barbazan, Marignac-Saint-Béat** (Lez, Val-d'Aran), **Nouvelle** (la). **Oloron-Sainte-Marie** (Saint-Christau), **Pau, Pierrefitte-Nestalas** (Barèges, Cauterets, Luz, Saint-Sauveur), **Port-Vendres, Prades** (Molitg), **Quillan** (Ginoles, Carcanières, Escouloubre, Usson-les-Bains) **Saint-Flour** (Chaudesaigues), **Saint-Gaudens** (Encausse, Gantiès). **Saint-Girons** (Audinac, Aulus), **Saint-Jean-de-Luz, Saléchan** (Sainte-Marie, Siradan). **Salies-de-Béarn. Salies-du-Salat, Ussat-les-Bains et Villefranche-de-Conflent** (le Vernet, Thuès, les Escaldas, Craïs-de-Canaveilles).

CHEMINS DE FER PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE

Voyages circulaires à coupons combinables

Sur le réseau P.-L.-M.

Et sur les réseaux P.-L.-M. et Est

Il est délivré, toute l'année, dans toutes les gares du réseau P. L. M. des **Carnets individuels ou de famille** pour effectuer, sur ce seul réseau ou sur les réseaux P. L. M. et Est, en 1re, 2e et 3e classes, des voyages circulaires à itinéraire tracé par les voyageurs eux-mêmes, avec parcours totaux d'au moins 300 kilomètres. Les prix de ces carnets comportent des réductions très importantes qui peuvent atteindre, pour les carnets collectifs, 50 p. 100 du tarif général. La validité de ces carnets est de 30 jours jusqu'à 1 500 kilom. ; 45 jours de 1 501 à 3 000 kilom. ; 60 jours pour plus de 3 000 kilom. : Faculté de prolongation, à deux reprises, de 15 jours pour les carnets valables, 30 jours ; 23 jours pour les carnets valables, 45 jours, et de 30 jours pour les carnets valables, 60 jours, *moyennant le paiement d'un supplément* égal au 10 p. 100 du prix total du carnet pour chaque prolongation. *Arrêts facultatifs à toutes les gares du parcours.*

Pour se procurer un carnet individuel ou collectif, il suffit de tracer sur une carte qui est délivrée gratuitement dans toutes les gares P. L. M., bureaux de ville et agences de la Compagnie, le voyage à effectuer et d'envoyer cette carte, 5 jours avant le départ, à la gare où le voyage doit être commencé en joignant à cet envoi une consignation de 10 francs. Le délai de demande est réduit à deux jours (dimanches et fêtes non compris) pour certaines grandes gares.

CHEMINS DE FER DE PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE

De Paris en Orient (viâ Marseille)

La Compagnie P.-L.-M., d'accord avec les Compagnies des Messageries maritimes Fraissinet et Paquet, délivre des billets simples pour se rendre, par la voie de Marseille, de Paris à l'un quelconque des ports ci-après : Alexandrette, Beyrouth, Constantinople, Le Pirée, Smyrne, Alexandrie, Jaffa, Port-Saïd, Batoum, Salonique, Odessa, Samsoun, etc...

Il est également délivré, dans les agences de la Compagnie des Messageries maritimes, des billets d'aller et retour valables cent vingt jours, pour se rendre, viâ Marseille, de Paris à Alexandrie, Port-Saïd, Jaffa, Beyrouth.

Ces billets donnent droit à une franchise de 30 kg de bagages par place sur le chemin de fer ; sur les paquebots, cette franchise est de 100 kg par place de 1re classe et de 60 kg par place de 2e classe.

Pour plus amples renseignements, consulter le Livret-Guide-Horaire P.-L.-M., mis en vente au prix de 0,50 fr dans les gares de la Compagnie.

Billets simples de France en Espagne

DES GARES CI-DESSOUS à Barcelone.	1re classe.	2e classe.	3e classe.
Paris	132 fr. 80	91 fr. 55	59 fr. 45
Lyon	83 05	57 95	37 55
Marseille	61 30	43 30	28 00
Genève	100 65	69 85	45 30

DE BARCELONE aux gares ci-dessous	1re classe.	2e classe.	3e classe.
Paris	132 fr. 90	91 fr. 65	59 fr. 50
Lyon	83 15	58 05	37 60
Marseille	61 40	43 40	28 05
Genève	100 75	69 95	45 35

ET DESIDER SZANKA. 134 025, D R P, 14 août 1900. — Procédé pour obtenir de bons contacts sur les résistances céramiques contenant du charbon.

DE MARE. 321 944, B F, 29 mai 1902. — Diffuseur électro-thermique.

SOCIÉTÉ SIMONET ET RUIZ DE LA HERRAN. 321 970, B F, 1er mai 1902. — Briquet électrique.

HORCH ET Cie. 132 982, D R P, 15 mars 1901. — Dispositif pour l'allumage électrique des moteurs à explosion.

DE MARE. 321 503, B F, 28 mai 1902. — Ventilateur électro-thermique.

Eclairage.

ARSAL. 321 316, B F, 14 mai 1902. — Lampe à arc en vase clos.

BAILLEUL ET JEANNOT. 321 274, B F, 20 mai 1902. — Lampe à arc électrique.

HOPFELT. 321 898, B F, 9 juin 1902. — Lampe à arc.

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE ELECTRIQUE. 321 954, B F, 15 avril 1902. — Perfectionnements dans les lampes électriques.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DES TÉLÉPHONES, CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES, CAOUTCHOUC, CABLES. 321 730, B F, 3 juin 1902. — Lampe à arc en vase clos.

BONHIVERS. 321 267, B F, 20 mai 1902. — Réflecteur pour lampes à arc.

BEAU ET PORTILLO. 322 196, B F, 17 juin 1902. — Système de support pour prise de courant pour douilles de lampes électriques à incandescence et autres applications dénommé « L'Universel électro-rapide ».

SIEMENS ET HALSKE AKTIEN GESELLSCHAFT. 321 412 et 321 413, B F, 26 mai 1902. — Système de fabrication des lampes à incandescence et produit nouveau résultat de cette fabrication.

NORDEN. 321 728, B F, 4 juin 1902. — Perfectionnements apportés aux douilles de lampes électriques.

BOHM. 322 321, B F, 3 mai 1902. — Perfectionnements aux globes et objets similaires servant à l'éclairage.

CHRISTIAN JORGEN HANSEN. 132 926, D R P, 29 octobre 1901. — Dispositif pour éclairer l'intérieur d'une pièce en entrant, à l'aide d'un commutateur tournant mû par le loquet ou par la clef.

NORDEN. 321 832, B F, 4 juin 1902. — Appareil de distribution pour avertissements lumineux au moyen de lampes électriques et cartons ou tickets pour l'actionner automatiquement.

SCHAFF (Paul). 133 740, D R P, 14 juin 1901. — Dispositif pour la ventilation des lampes électriques.

TVERMOCS ET ABRAHANISON. 132 816, D R P, 30 mai 1901. — Suspension sphérique pour lampes à incandescence et analogues avec butée pour empêcher les conducteurs de tourner.

Mesures.

RUDOLF FRANKE. 133 217, DRP, 18 septembre 1901. — Contact mobile à ressort pour instruments de mesure et de commande.

UNION ELEKTRIZITÆTS GESELLSCHAFT. 132 893, D R P, 17 janvier 1902. — Procédé pour éviter les changements de frottement dans les surfaces métalliques glissant l'une sur l'autre.

WESTON ET BENECKE. 321 894, B F, 9 juin 1902. — Perfectionnements apportés aux instruments pour mesurer les courants électriques.

WESTON ET BENECKE. 321 895, B F, 9 juin 1902. — Perfectionnements apportés aux instruments destinés à indiquer et enregistrer les courants électriques.

WESTON ET BENECKE. 321 896, B F, 9 juin 1902. — Perfectionnements apportés aux appareils enregistreurs principalement destinés à l'usage des instruments à mesurer les courants électriques.

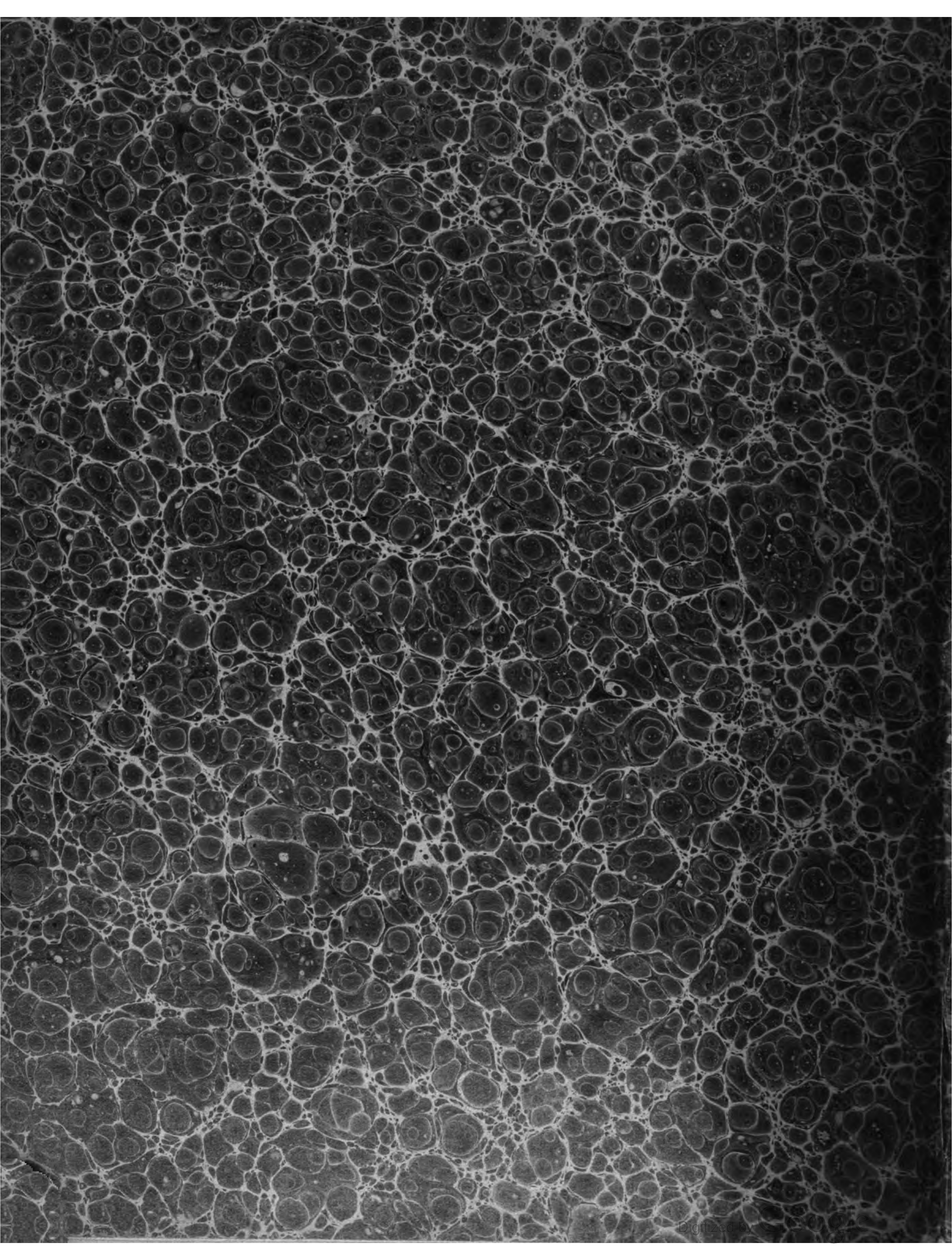
ALLGEMEINE ELEKTRIZITÆTS-GESELLSCHAFT. 133 905, D R P, 27 juillet 1901. — Dispositif à double tarif pour compteur électrique. Addition au D R P, 133 241.

BENNET. 322 246, B F, 26 avril 1902. — Application de l'électro-aimant aux compteurs d'énergie électrique comme interrupteur automatique pour éviter les pertes de courant et la marche à vide.

CHAUVIN ET ARNOUX. 321 067, B F, 18 février 1902. — Dispositif de vérification applicable aux compteurs électriques.

ELEKTRIZITÆTS AKT.-GES. (anciennement SCHUCKERT et Cie). 133 487, D R P, 4 mai 1901. — Axe pour compteur d'électricité avec prise de courant.

HARTMANN ET BRAUN. 132 815, DRP, 4 octobre 1901. — Induit pour compteur moteur.




UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 07500 0490

